

**PENGARUH VARIASI PROSENTASE VOLUME SERAT
PADA SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT
(ARINDO 3210 DAN SERAT E-GLASS)**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1



Diajukan Oleh :

Tito Purno Basworo

NIM : 995214035

Kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2007**

**THE EFFECT OF VARIATION PERCENTAGE OF FIBER
VOLUME IN PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
COMPOSITES
(ARINDO 3210 AND E-GLASS FIBER)**

FINAL PROJECT

Presented as Partial Fulfillment of The Requirements
To Obtain The Sarjana Teknik Degree
In Mechanical Engineering



By :

Tito Purno Basworo

Student Number: 995214035

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERCITY
YOGYAKARTA**

2007

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PROSENTASE VOLUME SERAT PADA SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT (ARINDO 3210 DAN SERAT E-GLASS)


Disusun oleh:

Nama : Tito Purno Basworo

NIM : 995214035

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Doddy Purwadianto, S.T., M.T.

Tanggal : 4 Januari 2007

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PROSENTASE VOLUME SERAT PADA SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT (ARINDO 3210 DAN SERAT E-GLASS)

Dipersiapkan dan ditulis oleh:

NAMA : Tito Purno Basworo

NIM : 995214035

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 25 Januari 2007
dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua : Ir. Rines Alapan, M.T.

Sekretaris : Wibowo Kusbandono, S.T., M.T.

Anggota : Doddy Purwadianto, S.T., M.T.



Yogyakarta, 25 Januari 2007

Fakultas Teknik,

Universitas Sanata Dharma Yogyakarta,



Dekan

Ir. Greg. Heliarko, S.J., SS., B.ST., MA., M.Sc.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Desember 2006

Tito Purno Basworo

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan yang berupa dorongan, motivasi, bimbingan, sarana, materi, sehingga dapat terselasaikannya Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan ini, antara lain :

1. Romo Dr. Ir. P. Wiryono Priyotamtama, SJ., Rektor Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Romo Ir. Greg. Heliarko, SJ., SS., B. S. T., M. A., M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
4. Bapak Doddy Purwadianto, S.T., M.T. Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir.
5. Bapak Budi Sugiarto, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Martono, laboran dari laboratorium Ilmu Logam
7. Segenap Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, kekeliruan, dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan dikemudian hari.

Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat memberikan tambahan wawasan dan pengetahuan yang berguna bagi semua pembaca khususnya mengenai ilmu komposit.

Yogyakarta, Desember 2006

Penulis

INTISARI

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh suhu *curing* terhadap sifat-sifat mekanis dan fisis serat sebagai fasa penguat, sifat-sifat resin sebagai fasa matrik dan sifat-sifat dari bahan komposit. Sifat-sifat mekanis dan fisis tersebut meliputi : kekuatan tarik, regangan dan struktur mikro. Bahan-bahan yang diteliti yaitu : Serat *E-Glass* dalam bentuk serat kontinyu, resin *Arindo 3210* dan katalis *Mepox*.

Proses pembuatan benda uji menggunakan metode *hand lay-up*, dengan variasi prosentase volume serat (10%,15%,20%,25%,30%), dengan orientasi sudut 45°. Pengujian yang dipakai adalah pengujian tarik dan pengujian struktur mikro. Dalam pengujian serat, diambil 1 helai serat *E-Glass* dari jenis serat kontinyu. Dalam pengujian matrik digunakan standar pengujian ASTM D 638, sedangkan pengujian komposit digunakan standar pengujian ASTM D 3039.

Pengujian tarik menghasilkan : nilai kekuatan tarik rata-rata serat adalah (21,83 kg/mm²), nilai kekuatan tarik rata-rata matrik adalah terkecil (3,376 kg/mm²), sedangkan nilai kekuatan tarik rata-rata komposit volume serat 10%=1,92 kg/mm², 15%= 2,73 kg/mm², 20%=2,49 kg/mm², 25%=3,1 kg/mm², 30%=3,29 kg/mm² nilai kekuatan tarik komposit berada dibawah kekuatan tarik serat dan kekuatan tarik matrik. Serat *E-Glass* memiliki sifat kekuatan tarik tinggi Kekuatan tarik komposit dengan sudut orientasi 45° tidak bisa memperbaiki kekuatan tarik matriknya, terbukti kekuatan tarik komposit lebih rendah daripada matriknya. Komposit yang diuji mengalami kerusakan pada pengujian tarik yaitu tidak mempunya matrik menahan serat untuk tidak dapat lepas dari ikatan (*debonding*).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
DAFTAR DEWAN PENGUJI	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
INTI SARI	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR PUSATAKA	65
LAMPIRAN.....	66
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Pembahasan	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Komposit GFRP.....	5
2.2 Bahan Penyusun Komposit....	7
2.2.1 Fiber	8

2.2.2	Matrik.....	12
2.2.3	Katalis	17
2.2.4	Partikel dan Flakes	17
2.3	Faktor-faktor yang Mempengaruhi FRP.....	18
2.3.1	Komposisi jumlah dan bentuk serat.....	18
2.3.2	Jenis serat	19
2.3.3	Fase ikatan	20
2.3.4	Faktor matrik.....	20
2.4	Mekanika Komposit.....	21
2.5	Modus Kegagalan Lamina.....	22
2.5.1	Modus kegagalan akibat beban tarik longitudinal	22
2.5.2	Modus kegagalan akibat beban tarik transversal .	24
2.5.3	Modus kegagalan internal mikroskopik.....	25
BAB III	METODE PENELITIAN.....	27
3.1	Skema jalan penelitian.....	27
3.2	Persiapan Pembuatan Benda Uji	28
3.2.1	Alat dan bahan	28
3.2.2	Pembuatan cetakan.....	29
3.3	Menghitung Komposisi Serat, Matrik dan Katalis.....	31
3.4	Pembuatan Benda Uji	34
3.4.1	Pembuatan benda uji komposit	34
3.4.2	Pembuatan benda uji matrik.....	36
3.4.3	Pembuatan benda uji serat.....	37

3.5	Cara Pematongan Benda Uji Komposit	38
3.6	Standar dan Ukuran Benda Uji.....	39
3.6.1	Benda uji komposit.....	39
3.6.2	Benda uji matrik.....	39
3.6.3	Benda uji serat.....	40
3.7	Pengujian Tarik.....	41
3.7.1	Pengujian tarik komposit.....	41
3.7.2	Pengujian tarik matrik pengikat.....	41
3.7.3	Pengujian tarik serat.....	42
BAB IV	PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Hasil Pengujian Tarik Serat.....	43
4.2	Hasil Pengujian Tarik Matrik.....	44
4.3	Hasil pengujian komposit.....	48
4.4	Model Kerusakan Komposit.....	56
4.5	Analisa Kerusakan Pada Komposit.....	57
BAB V	PENUTUP	63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran	63
5.3	Penutup.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik kekuatan tarik komposit dan komponen penyusunnya.....	6
Gambar 2.2	Modus kegagalan pada bahan komposit akibat beban tarik longitudinal	24
Gambar 2.3	Kegagalan pada komposit akibat beban tarik transversal	25
Gambar 3.1	Skema jalan penelitian	27
Gambar 3.2	Dimensi cetakan benda uji komposit	30
Gambar 3.3	Dimensi cetakan benda uji matrik.....	31
Gambar 3.4	Rangkaian kesejajaran serat pada cetakan komposit	35
Gambar 3.5	Benda uji serat.....	37
Gambar 3.6	Dimensi benda uji komposit.....	39
Gambar 3.7	Dimensi benda uji matrik.....	40
Gambar 3.8	Dimensi benda uji serat.....	40
Gambar 4.1	Skema benda uji matrik.....	45
Gambar 4.2	Benda uji matrik.....	47
Gambar 4.3	Foto bentuk patahan matrik.....	47
Gambar 4.4	Foto retak mikro matrik	48
Gambar 4.5	Skema benda uji komposit	49
Gambar 4.6	Grafik hubungan kekuatan tarik dengan volume serat.....	53
Gambar 4.7	Grafik hubungan elongation dengan volume serat	54
Gambar 4.8	Grafik hubungan kekuatan tarik rata-rata komposit (volume serat 10%) dengan pengikatnya	55
Gambar 4.9	Penampang melintang serat E-glass dan resin	56

Gambar 4.10 Penampang komposit mula	57
Gambar 4.11 Kerusakan debonding pada komposit	58
Gambar 4.12 Retak mikro pada matrik.....	58
Gambar 4.13 Retak melintang pada komposit.....	59
Gambar 4.14 Void.....	59
Gambar 4.15 Bentuk patahan komposit pada volume serat 10%	60
Gambar 4.16 Bentuk patahan komposit pada volume serat 15%	61
Gambar 4.17 Bentuk patahan komposit pada volume serat 20%	61
Gambar 4.18 Bentuk patahan komposit pada volume serat 25%	62
Gambar 4.19 Bentuk patahan komposit pada volume serat 30%	62

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ukuran hasil cetakan komposit.....	30
Tabel 3.2 Ukuran cetakan matrik.....	31
Tabel 4.1 Data sifat mekanik serat E-glass.....	44
Tabel 4.2 Data ukuran matrik	46
Tabel 4.3 Data sifat mekanik matrik.....	46
Tabel 4.4 Data ukuran komposit.....	50
Tabel 4.5 Data hasil pengujian dan perhitungan komposit.....	51
Tabel 4.6 Harga rata-rata kekuatan tarik komposit.....	53
Tabel 4.7 Harga rata-rata elongation komposit.....	54
Tabel 4.8 Data perbandingan kekuatan tarik rata-rata komposit(volume serat 10%) dengan pengikatnya.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan zaman yang modern ini, kemajuan teknologi semakin berkembang pesat. Salah satunya dalam bidang teknik khususnya bahan material.

Pencarian dan penelitian terus dilakukan untuk memperoleh bahan yang dikehendaki. Berawal dari penemuan bahan logam dan non logam. Karena berkembangnya zaman, dilakukan pula untuk menyatukan beberapa unsur bahan menjadi satu, untuk memperoleh bahan material yang lebih baik dari bahan sebelumnya

Bahan-bahan yang umum kita kenal adalah logam (metal), keramik (ceramic), dan polimer (polymer).

Disamping bahan-bahan tersebut masih ada bahan lain yaitu komposit. Komposit diartikan sebagai penggabungan dua bahan atau lebih yang mempunyai phase berbeda. Penggabungan tersebut di maksudkan untuk mendapatkan bahan-bahan komposit dengan sifat yang lebih baik dari materi penyusunnya bila berdiri sendiri. Komposit merupakan bahan yang sekarang ini banyak dikembangkan untuk memnuhi kebutuhan manusia. Komposit sendiri merupakan gabungan antara bahan matriks (phase pertama) sebagai pengikat dan reinforcement (phase kedua) sebagai bahan penguat.

Beberapa keunggulan komposit antara lain :

1. Dapat di rancang dengan kekuatan, kekerasan dan kekakuan yang tinggi sesuai yang di inginkan.
2. Dapat di rancang sedemikian rupa sehingga terhinari dari korosi
3. Daya redam bunyi yang baik
4. Bahan komposit dapat memberikan penampilan dan kehalusan permukaan yang lebih baik
5. Dapat di rancang dengan keelastisan yang tinggi
6. Dapat di rancang dengan bobot yang ringan

Disamping mempunyai beberapa keunggulan, komposit juga mempunyai beberapa kelemahan, antara lain :

1. Bahan komposit (bahan polimer) tidak aman dengan reaksi zat-zat kimia atau larutan tertentu
2. Harga bahan komposit relatif mahal
3. Pembuatan bahan komposit relatif lama dan susah
4. Masih kurang di kenal oleh masyarakat, sehingga jarang pihak-pihak yang menjual bahan komposit

Bahan komposit sering di bedakan menurut bentuk dari bahan penguat yang terdapat dalam matriks pengikatnya atau dapat di bedakan menurut matriks pengikatnya sendiri. Bahan penguat komposit dapat berupa serat maupun non serat. Sedangkan untuk komposit menurut jenis matriksnya, dapat di bedakan komposit bermatriks jenis logam, keramik atau polimer.

Adapun bahan komposit berpenguat serat dapat kita jumpai berbagai macam serat yang di gunakan. Secara garis besar dapat dikelompokkan mejadi serat sintetik dan serat organic.

Serat sintetik atau buatan dapat berupa serat gelas, aramid, carbon grafit, borob, Kevlar, keramik

1.2 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

- a. Mengetahui pengaruh kekuatan tarik komposit yang berorientasi serat 45° dengan variasi volume serat (10%,15%,20%,25%,30%) terhadap matriknya.
- b. Mengetahui pengaruh variasi volume serat terhadap regangan patahan yang terjadi
- c. Mengetahui bentuk patahan yang terjadi

1.3 Batasan Masalah

Bahan komposit dalam penelitian ini menggunakan serat kontinyu dari bahan serat E-glass, dengan menggunakan *mepox* sebagai katalis dan matriks pengikat berupa resin arindo 3210. Dalam penelitian ini penyusunan serat dengan arah orientasi serat 45° , dengan variasi prosentase volume serat 10%, 15%, 20%, 25%, 30%. Dengan menggunakan standar pengujian D 3039 untuk komposit dan D 638 untuk pengujian matrik.

1.4 Sistematika Pembahasan

Pada bab-bab selanjutnya akan di uraikan tentang komposit, jenis dan sifat bahan penyusunnya. Akan di bahas juga tentang proses pembuatan specimen dan cara pengujiannya, hasil pengujian dan pembahasan.

Pada bab terakhir akan di berikan beberapa kesimpulan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Komposit Glass Fiber Reinforced Plastics

Komposit dalam material berarti penggabungan dua atau lebih material yang memiliki phase berbeda. Penggabungan ini di maksudkan untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik dari sifat asal pembentuknya.

Pengelompokan bahan komposit dapat di lihat dari bahan penguat pada material atau dapat juga di lihat dari bahan yang menjadi matrik pengikat.

Berdasarkan jenisnya, bahan komposit di bedakan :

1. Komposit tradisional

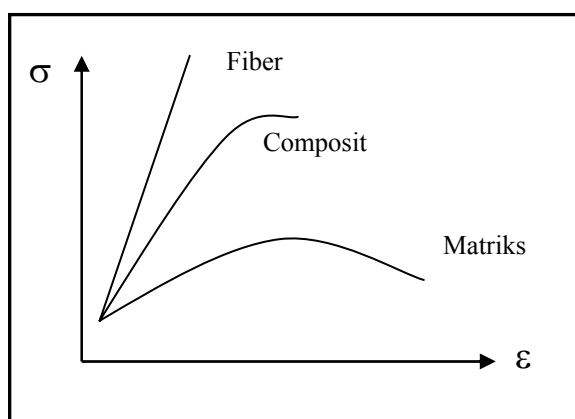
Komposit yang terbuat dari bahan-bahan alami atau sederhana

Contohnya: beton (campuran semen, pasir dan agregat), aspal

2. Komposit sintetik

Komposit yang terbuat dari bahan sintetik, yang di produksi oleh industri manufaktur, di mana komponennya di produksi secara terpisah, kemudian digabungkan dengan teknik tertentu, agar di peroleh struktur, sifat dan geometri yang di inginkan.

Glass fiber reinforced plastic (GFRP) adalah salah satu jenis komposit yang mempunyai komponen berpenguat serat. Bahan yang kita kenal dengan nama *GFRP* ini, mempunyai komponen bahan berpenguat berupa serat gelas dan matriks pengikat berupa *polimer* (plastik), bahan komposit ini sering diaplikasikan sebagai komponen penunjang dalam produktivitas pada industri-industri.



Gambar 2.1. Grafik kekuatan tarik komposit dan komponen penyusunnya

Bahan komposit serat juga dapat diklasifikasikan kedalam berbagai jenis tergantung pada bentuk dan jenis seratnya. Karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Secara garis besar, bahan komposit serat terbagi menjadi dua macam, yaitu serat kontinu (*continous*) dan serat tidak kontinu (*discontinue*).

Dimana, semakin kecil diameter serat akan lebih baik. Karena dengan semakin kecil diameter serat terjadi kemungkinan kecilnya cacat pada serat. Selain itu, semakin panjang ukuran serat, semakin efisien pula dalam menahan gaya dalam arah serat.

Serat yang panjang tersebut juga menghilangkan kemungkinan terjadinya retak sepanjang batas pertemuan antara serat dan matriks. Sehingga ukuran penguat menentukan kemampuan bahan komposit dalam menahan gaya-gaya luar.

1.2 Bahan Penyusun Komposit

Komposit merupakan penggabungan dari bahan-bahan dengan phase yang berbeda. Penggabungan beberapa phase ini akan tercipta suatu bahan untuk kerja (performance) yang dapat lebih baik daripada phase awal penyusunnya. Phase pertama berupa matrik, sedang phase kedua berupa penguat (reinforcing agent) yang disisipkan pada phase pertama.

Phase reinforcing ini berupa :

1. Fiber
2. Parikel
3. Flake

Phase kedua ini tidak larut dengan matrik nya, tetapi memiliki gaya adhesive cukup kuat dengan matrik.

Matrik bahan komposit berupa :

1. Logam
2. Keramik
3. Polimer

Bahan komposit serat dapat diklasifikasikan kedalam berbagai jenis, tergantung pada geometri dan jenis seratnya. Hal ini dapat di mengerti karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit..Secara garis besar bahan

komposit serat terbagi menjadi dua macam, yaitu serat kontinu (continuous) dan serat tidak kontinyu (discontinuous).

Ukuran penguat menentukan kemampuan bahan komposit dalam menahan gaya. Semakin panjang ukuran serat, menghilangkan kemungkinan terjadinya retak sepanjang batas pertemuan antara serat dan matrik. Oleh karena itu bahan komposit serat kontinyu lebih kuat di bandng komposit tidak kontinu.

2.2.1 Fiber (Serat)

Fiber merupakan filament dari bahan penguat. Penampangnya dapat berbentuk padat, segitiga, heksagonal. Diameter fiber tergantung pada bahannya, dapat bervariasi. Kekuatan tarik komposit akan menurun apabila diameter fiber yang digunakan meningkat. Sudut orientasi fiber juga berpengaruh terhadap kekuatan dan kekakuan komposit.

Beberapa bahan fiber yang banyak di gunakan :

1. Glass

Serat dicirikan oleh modulus dan kekuatannya yang tinggi, elongasi (daya rentang) yang baik, stalibitas panas yang baik, spinibilitas (kemampuan untuk diubah menjadi filamen-filamen) dan anti korosi. Serat gelas merupakan material anorganik sintetik yang digunakan sebagai salah satu bahan penguat dalam penggunaan komposit.

Proses produksi serat gelas dengan cara mencairkan bahan mentah (pasir silika, batu kapur dan bahan tambahan seperti alumunium hidroksida, natrium karbonat dan borax) di dalam suatu tangki, kemudian bahan yang telah dicairkan itu dialirkan ke *bushing* dari platinum yang memiliki beberapa ratus lubang dan dibentuk menjadi filamen-filamen. Diameter serat dikontrol oleh viskositas yang mana tergantung dari komposisi dan temperatur, diameter lubang dan kecepatan *winding*. Secara komersial serat gelas diproduksi dengan diameter 8 sampai 15 μm , tetapi yang banyak dipasaran sekitar 11 μm . Sebenarnya jenis serat sudah terklasifikasikan, antara lain serat gelas yang termasuk didalam jenis serat polymeric/sintetis. Dan serat gelas masih dapat dibedakan dalam berbagai jenis antara lain :

a. Serat gelas E (*electrical*)

Merupakan serat gelas yang umum digunakan sebagai serat kontinu, dan mempunyai kekuatan tarik sekitar 3,44 Gpa dengan modulus elastis 72,3 Gpa. Komposisi serat gelas E berupa calsium, alumunium hidroksida, borosilikat, pasir silika, dan memiliki kandungan alkali yang rendah. Serat gelas ini mempunyai kekuatan tarik dan tekan serta geser yang baik sehingga mempunyai sifat isolator atau penghantar listrik yang baik, tetapi merupakan material yang cukup getas.

b. Serat gelas S.

Serat ini terdiri dari silikon dioksida, aluminium trioksida, dan magnesium oksida. Spesifikasi kekuatan serat gelas S ini lebih tinggi dari serat gelas E yaitu kekuatan tariknya 4,48 Gpa dan modulus elastisnya 85,4 Gp. Serat gelas ini terutama digunakan untuk peralatan militer dan aerospace.

c. Serat gelas D.

Serat ini sering dipakai dalam produksi aplikasi/pembuatan peralatan elektronik, karena memiliki karakteristik dielektrik yang cukup baik.

d. Serat gelas C

Serat ini mempunyai sifat ketahanan korosi dan harga yang lebih dari serat gelas E, tapi memiliki kekuatan yang lebih kecil dari serat gelas E. Selain itu, serat gelas C mempunyai sifat modulus yang tinggi, lebih tahan terhadap suhu. Serat ini telah digunakan pada industri pesawat terbang, karena modulus elastisitasnya sangat tinggi.

2. Carbon

Karbon dapat di buat menjadi fiber dengan modulus elastis yang tinggi. Disamping kekakuannya yang tinggi, karbon memiliki kerapatan dan koefisien dilatasi rendah. Fiber-C merupakan kombinasi antara grafit dengan karbon amorphus. Sebagai matrik digunakan polimer seperti epoxy dan komposit ini mempunyai beberapa karakteristik ;

- a. Ringan
- b. Kekuatan sangat tinggi
- c. Kekakuan tinggi
- d. Harga mahal

Keunggulan ini memungkinkan komposit ini banyak dipakai pada konstruksi atau aplikasi aerospace dan pesawat terbang. Akan tetapi karena bahan serat karbon mahal menyebabkan bahan komposit ini jarang di gunakan.

3. Aramid

Serat aramid merupakan nama umum dari serat aromatic polyamide.

Keunggulan serat ini :

- a. Bobot ringan
- b. Kekuatan dan kekakuan tinggi
- c. Tahan fatik

4. Boron

Boron memiliki modulus elastis amat tinggi,tetapi bahan ini mahal, sehingga pemakaiannya dibatasi pada komponen aerospace.

5. Kevlar 49

Bahan ini terutama di gunakan sebagai fiber polimer. Kerapatannya rendah dan memberi kekuatan spesifik terbesar untuk semua fiber yang ada.

6. Ceramics

Karbide silikon (SiC) dan oksida aluminium merupakan fiber utama yang sering dijumpai pada kermik. Kedua bahan ini mempunyai modulus elastis tinggi dan dapat digunakan untuk menguatkan logam-logam dengan kerapatan dan modulus elastis rendah seperti aluminium dan magnesium.

7. Logam

Filamen baja sering digunakan sebagai fiber plastik.

2.2.2 Matrik

Selain bahan serat, komposit tidak terlepas dari bahan matrik. Matrik juga berguna meneruskan gaya dari satu serat ke serat lainnya dengan menggunakan mekanisme tegangan geser.

Klasifikasi bahan komposit berdasar pada matrik adalah :

1. Komposit matrik logam (Metal Matrix composite, MMC) :Berisi campuran logam dan kermik
2. Komposit matrik keramik (Ceramic Matrix Composite, CMC) : Oksida aluminium, karbida silicon dan fiber. Dapat digunakan untuk meningkatkan sifat-sifatnya, khususnya pada suhu tinggi.

3. Komposit matrik polimer (Polymer Matrix Composite, PMC) : Matriknya dapat berupa resin thermosetting epoxy dengan penguat berupa fiber, polyester dengan fiber, phenolic dengan serbuk kayu, thermoplastic dengan serbuk dan grafit.

Matrik memainkan peranan kecil dalam kaitanya dengan tegangan tarik, tetapi mempunyai peranan besar dalam kapasitas struktur komposit. Bagaimanapun pemilihan matrik menjadi faktor yang utama dalam regangan pada lapisan dalam maupun pada lapisan luar komposit untuk menentukan properti dari komposit. Regangan pada lapisan dalam penting dalam rancangan struktur komposit dalam kaitannya dengan muatan tegangan bengkok, sedangkan tegangan dalam lapisan atas penting untuk memperhitungkan muatan torsi. Matrik juga menjaga serat agar tidak menekuk akibat gaya tekan dan juga kerusakan.

Fungsi dari matrik untuk serat penguat pada komposit adalah :

- a. Mengikat serat-serat dalam sebuah unit struktur
- b. Mendistribusikan tegangan antara serat
- c. Membuat rintangan dari lingkungan yang merugikan
- d. Untuk melindungi permukaan serat dari abrasi mekanik/kerusakan eksternal
- e. Menyumbangkan beberapa sifat yang diperlukan, seperti : keuletan, ketangguhan, dan insulasi listrik

Klasifikasi bahan komposit berdasar phase matriknya adalah :

1. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composite, PMC*)

Komposit dengan menggunakan polimer sebagai matrik dan reinforcing agent berupa : fiber, partikel dan flake. Matriknya dapat berupa resin thermosetting epoxy dan poliester dengan penguat berupa fiber., phenolic dengan serbuk kayu. Thermoplastik dengan serbuk dan bahan elastomer dengan grafit. Dalam perdagangan di kenal tiga kategori komposit sintetik :

- a. Plastic molding compound
- b. Rubber reinforced dengan karbon hitam
- c. Fiber reinforced polymer (FRP)

Fiber reinforced polymer : Polymer yang digunakan dapat berupa plastik thermosetting dan plastik thermoplastic. Komposit ini banyak digunakan pada ban (*tire*) dan ban berjalan (*belt conveyor*). Sebagai fiber dapat di pilih : glass, karbon, kevlar 49. komposit ini mempunyai kandungan fiber cukup besar (>50% volume) dan memiliki tegangan dan modulus elastis tinggi.

Bila dua atau lebih bahan fiber dikombinasikan maka disebut komposit hybrid.

Beberapa keuntungan bahan teknik Fiber Reinforced Platics adalah :

- a. Tegangan spesifik cukup tinggi
- b. Modulus spesifik cukup tinggi
- c. Kerapatan rendah

- d. Memiliki tegangan fatik yang baik
- e. Memiliki tahanan korosi yang baik
- f. Koefisien dilatasi rendah sehingga mempunyai stabilitas ukuran yang baik
- g. sifat-sifat anisotropinya signifikan.

Penggunaan FRP antara lain :

- a. Industri aerospace
- b. Industri pesawat terbang : helikopter, boeing 757
- c. Industri otomotif
- d. Alat-alat olahraga : raket tenis dan badminton, stik golf, alat sky

Polimer di bedakan menjadi ;

1. Thermoset

Resin ini banyak digunakan pada industri komposit karena sifat reaktif. Resin ini akan memadat bila di panaskan pada tekanan tertentu dan tidak dapat dilelehkan kembali atau dicetak kembali. Resin dapat bercampur dengan fiber menjadi bentuk yang kompleks dan mempunyai kekuatan yang tinggi. Contoh resin thermoset adalah resin polyester dan epoxy.

Karakteristik resin thermoset :

- a. Tidak mengalami perubahan kimia saat curing
- b. Waktu curing lama
- c. Viskositas curing lebih lama
- e. Proses irreversible

2. Thermoplastic

Resin ini akan melunak jika dipanaskan dan menjadi keras jika didinginkan. Resin ini mempunyai services temperatur yang tinggi. Thermoplastik sekarang ini sedang dikembangkan untuk industri pesawat terbang.

Karakteristik resin thermoplastik :

- a. Tidak bereaksi, tidak diperlukan curing
- b. Proses reversible
- c. Viscositas tinggi
- d. Waktu proses dapat pendek

Resin berfungsi juga untuk pelindung untuk mengatasi fiber abration dan moisture penetration.

3. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composite, MMC*)

Temperatur operasi untuk matrik logam sangat tinggi. Keunggulan dari matrik logam antara lain :

- a. Kekakuannya lebih tinggi dari polimer
- b. Kekuatan tariknya lebih tinggi dari polimer
- c. Keuletannya lebih tinggi dari polimer

Kekurangannya adalah densitas lebih tinggi

4. Komposit matrik keramik (*Ceramic Matrix Composite*)

Komposit ini mempunyai sifat-sifat antara lain : kekakuan, kekerasan (pada suhu rendah dan tinggi), kekuatan tekan yang tinggi serta kerapatan yang rendah. Kelemahan dari bahan ini antara lain : ketangguhan

dan tegangan tarik rendah serta mudah terbentuk retak pada suhu tertentu. Oksida aluminium, karbida silikon dan fiber bisa digunakan untuk penguat untuk meningkatkan sifat-sifatnya, khususnya pada suhu tinggi.

2.2.3 Katalis

Bahan yang digunakan untuk memulai dan mempersingkat reaksi curing pada temperatur ruang. Katalis dapat menimbulkan panas saat curing dan hal ini bisa merusak produk yang dibuat. Katalis yang digunakan sebagai proses curing dalam pembuatan FRP berasal dari organik peroxide seperti methyl ethyl ketone peroxide dan acetyl acetone peroxide. Dalam pembuatan bahan komposit, bila campuran katalis sedikit, fiber akan lebih kuat dibandingkan dengan campuran yang lebih banyak.

2.2.4 Partikel dan Flakes

Ukuran partikel yang digunakan bervariasi dari skala mikroskopis sampai makroskopis. Partikel ini banyak digunakan sebagai fase penguat pada logam dan keramik. Distribusi partikel dalam matrik komposit tersusun secara random, sehingga komposit yang dihasilkan mempunyai sifat isotrope. Mekanisme penguat oleh partikel ini tergantung pada ukuran partikel itu sendiri. Dalam skala mikroskopis, partikel yang digunakan berupa serbuk yang sangat halus yang terdistribusi dalam matrik dengan konsentrasi maksimum 15%. Kehadiran serbuk akan menjadikan matrik mengeras dan menghambat gerak dislokasi yang

timbul. Dalam kejadian ini sebagian beban luar yang di berikan bekerja pada matrik.

Peningkatan ukuran partikel sampai ukuran makroskopis, penggunaan partikel dapat mencapai konsentrasi lebih besar dari 25%. Dalam hal ini beban luar yang diberikan didukung bersama oleh matrik dan partikelnya.

2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan FRP

FRP adalah suatu bahan komposit yang diperkuat dengan serat dimana bahan yang berbentuk serat diikat dalam bahan lain yang disebut matrik. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi sifat bahan komposit yang diperkuat dengan serat adalah panjang serat, bentuk spesimen, komposisi serat, dan sifat mekanik dari matrik, serta ikatan didalam campuran antara serat dan matrik (*interface* atau *bonding*).

2.3.1 Komposisi jumlah dan bentuk serat

Pada umumnya semakin banyak jumlah/volume serat dalam komposit, maka kekuatan akan meningkat. Komposisi jumlah serat bahan komposit sering dinyatakan dalam bentuk fraksi volume serat (v_f) yaitu perbandingan volume serat (V_f) terhadap volume bahan komposit (V_c).

Dan berdasarkan bentuk serat penguat mempunyai penampang lingkaran dan bentuk lain. Kekuatan serat dapat juga dilihat dari diameter serat, perbandingan antara panjang dan diameter serat harus cukup besar. Dimana semakin kecil diameter serat, maka akan lebih baik, karena semakin kecil juga

adanya kecacatan pada serat. Dan disyaratkan agar tegangan geser yang terjadi pada permukaan antar serat dan matriks kecil. Agar serat dapat melaksanakan tugasnya dengan baik. Berdasarkan komposisinya serat yang digunakan sebagai bahan penguat komposit dibedakan atas:

- a. Serat alam, yaitu serat yang berasal dari bahan alam, misalnya wol, sutera, kapas dan rami.
- b. Serat anorganik yaitu serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik, misalnya gelas dan serat karbon. Adapun serat yang mempunyai kekuatan tinggi dan tahan panas (*hybrid fibre*).

2.3.2 Jenis serat

Berdasarkan susunan serat dibedakan menjadi dua jenis yaitu serat kontinu (*continue*) dan serat tidak kontinu (*discontinue*) secara teori serat panjang akan lebih efektif dalam hal transmisi beban dibandingkan serat pendek. Namun hal tersebut sulit untuk diwujudkan dalam praktek, mengingat faktor manufaktur yang tidak memungkinkan dihasilkannya kekuatan optimum pada seluruh panjang fiber dan pada pembuatan bahan komposit, karena pada pemakaian serat panjang akan terjadi ketimpangan dalam penerimaan beban antara serat, sebagian serat mengalami tegangan sedangkan yang lain dalam posisi bebas dari tegangan. Sehingga jika komposit tersebut dibebani sampai mendekati kekuatan patahnya, sebagian serat akan patah mendahului serat lainnya. Komposit yang diperkuat dengan serat pendek dapat dihasilkan kekuatan yang lebih besar dari pada yang

diperkuat serat panjang yaitu dengan cara pemasangan orientasi pada arah optimum yang dapat ditahan oleh serat.

2.3.3 Fase ikatan (*Bonding Phase*)

Kemampuan ikatan antara fiber dan matriks dapat ditingkatkan dengan memberikan aplikasi perlakuan permukaan yang disebut dengan *coupling agent*, yang meningkatkan sifat adhesi antara *matriks* dan *fiber*. *Coupling agent* diterapkan pada serat sebagai perlakuan secara kimiawi dalam bentuk *sizing* (perlakuan permukaan ketika serat sedang dibentuk) dan *finishing* (perlakuan yang diterapkan setelah serat diproduksi dalam bentuk benang). Proses *finishing* juga dapat melindungi dan mencegah kerusakan akibat gesekan antar serat sebelum dibuat menjadi struktur komposit.

2.3.4 Faktor matrik

Adapun fungsi dari matrik adalah:

- a. Sebagai transfer dari beban, yaitu mendistribusikan beban ke serat sebagai bahan yang mempunyai modulus kekuatan tinggi.
- b. Melindungi permukaan serat, permukaan serat penguat dari abrasi yang diakibatkan oleh perlakuan secara mekanik misalnya gesekan antar serat.
- c. Memberikan sifat tertentu, misal ductility, toughness, electrical, dan insulation.

- d. Sebagai pemegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- e. Memberi bentuk komposit sesuai dengan kebutuhan.

2.4 Mekanika Komposit

Bahan komposit menggabungkan keunggulan dan kekakuan serat dengan massa jenis matrik yang rendah. Hasilnya adalah suatu bahan yang ringan tetapi kuat dan kaku dibanding dengan bahan konvensional lainnya.

Bahan mempunyai sifat-sifat yang berbeda dengan sebagian besar material konvensional yang kita kenal. Sifat bahan komposit bersifat tidak homogen dan anisotropik. Benda tidak homogen berarti sifat-sifatnya tidak sama di semua tempat, berarti merupakan fungsi posisi. Benda anisotropik berarti sifat-sifatnya berubah dengan perubahan arah, yang berarti merupakan fungsi arah dan posisi.

Karena sifat-sifat yang tidak homogen tersebut, bahan komposit dipelajari dari dua sudut pandang yang berbeda, yaitu mikromekanik dan makromekanik. Mikromekanik adalah kaji bahan komposit dimana antara bahan-bahan pembentuknya dipelajari dalam skala mikroskopik. Lingkup kaji ini antara lain mempelajari interaksi antar serat dan matrik, aliran dan pemindahan tegangan dari serat dan matrik, serta penentuan modulus elastisitas bahan.

Sedang kaji makromekanik adalah kaji bahan komposit dimana bahan dianggap homogen dan pengaruh bahan-bahan pembentuknya hanya ditengarai sebagai sifat yang tampak secara keseluruhan pada bahan komposit

Salah satu keuntungan bahan komposit adalah kemungkinan bahan tersebut diarahkan dalam arah tertentu. Artinya, bahan tersebut dapat diarahkan sehingga hanya kuat dan kaku dalam arah tertentu dan lemah dalam arah-arrah yang tidak dikehendaki.. Jika komposit laminat diambil sebagai komponen dasar analisis bahan komposit, analisis makromekanik dari laminat dapat diambil dari tegangan rata-rata, maupun sifat mekanik rata-rata dari bahan homogen yang ekuivalen.

2.5 Modus Kegagalan Lamina

Pada umumnya ada tiga macam pembebanan yang menyebabkan suatu bahan komposit rusak, yaitu pembebanan tarik tekan baik dalam arah longitudinal maupun transversal, serta geser.

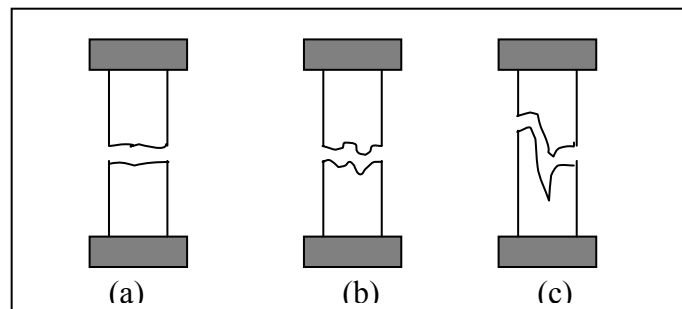
2.5 1. Modus Kegagalan Akibat Beban Tarik Longitudinal

Pada bahan komposit lamina yang diberi beban tarik searah serat, kegagalan bermula dari serat-serat yang patah pada penampang terlemah. Bila beban semakin membesar, akan semakin banyak pula serat yang patah. Jadi pada kebanyakan kasus, serat tidak patah sekaligus pada saat yang bersamaan. Variasi kerusakan serat secara kumulatif berdasarkan percobaan, serat patah pada beban yang relatif kecil, kurang dari 50% beban maksimum. Pada mulanya, ketika

jumlah serat yang patah sedikit matriks masih mampu mengulangi lagi hal tersebut dengan mendistribusikan gaya kesekitar atau keserat lainnya.

Bila serat yang patah semakin banyak, maka ada tiga kemungkinan :

- a. Bila matriks mampu menahan gaya geser dan meneruskan keserat sekitar, maka serat yang patah akan semakin banyak sehingga timbul retakan. Bahan komposit akan patah getas (*brittle failur*) seperti nampak pada *Gambar 2.2a*.
- b. Bila matriks tidak mampu menahan konsentrasi tegangan geser yang timbul diujung, serat dapat terlepas dari matriks (*debonding*) dan komposit rusak searah serat seperti nampak pada *Gambar 2.2b*
- c. Kombinasi dari kedua tipe diatas pada kasus ini patah serat yang terjadi disembarang tempat dibarengi dengan kerusakan matriks. Modus kerusakan berwujud seperti sikat (*brush type*) seperti terlihat pada *Gambar 2.2c*



Gambar 2.2. Modus kerusakan pada bahan komposit akibat beban tarik longitudinal.

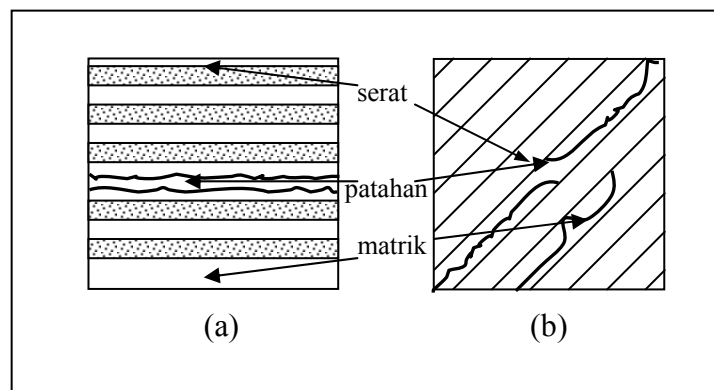
Modus kegagalan diatas dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti kekuatan serat dan matriks, maupun fraksi volume serat dan matriks. Bila fraksi volume serat pada bahan komposit mengecil, modus patahan yang terjadi kebanyakan bertipe getas. Suatu percobaan dengan bahan komposit serat gelas (*fiber glass*) menunjukkan bahwa bila fraksi volume serat, $V_f < 0,40$, modus kegagalan yang terjadi bertipe getas. Pada fraksi volume menengah, $0,40 < V_f < 0,65$, modus yang terjadi adalah patah getas dan debonding, sedang $V_f > 0,65$, menunjukkan patah getas, *debonding*, serat tercabut dari matriks atau bahkan matriks rusak akibat gaya geser. Ini akan terjadi bila kandungan *void* (gelembung udara) pada bahan tersebut diabaikan.

2.5.2. Modus Kegagalan Akibat beban Tarik Transversal

Serat yang tegak lurus arah pembebanan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada *interface* antara serat dan matriks dan pada matriks itu sendiri karena itu bahan komposit yang mendapat beban transversal akan gagal pada interface antar serat dan matriks meskipun kadang-kadang terjadi juga kegagalan transversal pada serat bila arah serat sangat acak dan lemah dalam

arah transversal. Dengan demikian modus kegagalan akibat beban tarik transversal terjadi karena :

- a. Kegagalan tarik matriks
- b. *Debonding* pada *interface* antara serat dan matriks



Gambar 2.3. Kegagalan pada komposit akibat beban tarik transversal

2.5.3 Modus Kegagalan Internal Mikroskopik

Suatu bahan dikatakan gagal bila struktur tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik. Dengan demikian definisi kegagalan berbeda menurut kebutuhan yang berlainan. Untuk penerapan struktur tertentu, deformasi yang kecil barang kali sudah dianggap gagal, sedang pada struktur yang lain hanya kerusakan total dapat dianggap gagal.

Hal ini sangat mencolok terlihat pada bahan komposit. Pada bahan ini, kerusakan internal mikroskopik (yang tidak dapat diamati oleh mata) dapat jauh terjadi sebelum kerusakan nyata terlihat. Kerusakan internal mikroskopik ini terjadi dalam beberapa bentuk seperti:

- a. Patah pada serat (*fiber breaking*)
- b. Retak mikro pada matrik (*matrik micro crack*)
- c. Terkelupasnya serat dari matrik (*debonding*)
- d. Terpisahnya lamina satu samalain (*delamination*)

Foto mikrograf menunjukkan jenis-jenis kerusakan internal mikroskopik tersebut. Kerusakan ini sama sekali tidak dapat diamati dengan mata telanjang dan baru dapat terlihat mata bila kerusakan cukup besar ditempat yang sama. Karena itu pada kondisi sebenarnya sangat susah untuk menentukan kapan suatu bahan komposit dikatakan rusak atau gagal.

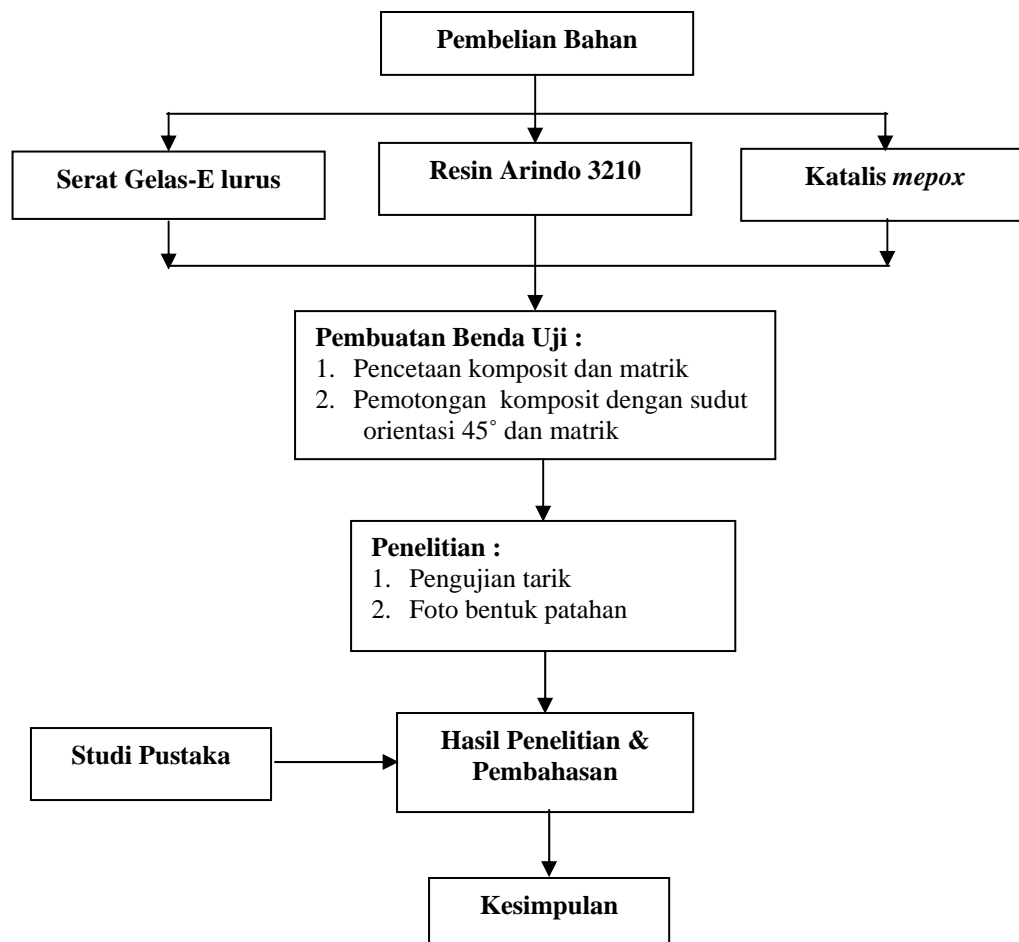
Karena rumitnya masalah tersebut pada kebanyakan kasus struktur, bahan komposit dikatakan gagal bila bahan tersebut telah rusak total ketika mendapat beban tertentu atau kurva tegangan-regangan yang ditunjukkan tidak lagi linier. Dan ini berlaku baik untuk lapisan tunggal (*lamina*) maupun laminat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Skema Jalan Penelitian

Untuk memperjelas jalannya alur penelitian maka dibuat skema jalannya penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. berikut :



Gambar 3.1. Skema Jalan Penelitian

3.2. Persiapan Pembuatan Benda Uji

3.2.1. Alat dan bahan

Dalam pembuatan benda uji menggunakan bahan sebagai berikut :

- a. serat : serat gelas E lurus (sering disebut serat tali / lurus)
- b. resin : Arindo 3210 (sering disebut resin butek)
- c. katalis : mepox
- d. *release agent* : MAA (pengkilap lantai berbentuk pasta)

Alat – alat yang digunakan untuk mendukung proses pencetakan sampai dengan *finishing* adalah :

- a. Alat pemotong (gergaji, pisau, gunting)
- b. Alat untuk mengukur berat serat yang diperlukan (timbangan digital)
- c. Alat untuk mengaduk dan tempat campuran resin dengan katalis sebelum dituang pada cetakan (stik pengaduk, kaleng)
- d. Alat untuk meratakan resin dan menghilangkan gelembung udara yang terdapat pada resin (*scraber*, potongan penggaris)
- e. Alat untuk mengukur banyaknya resin yang dibutuhkan (gelas ukur)

f. Alat untuk bahan cetakan (kaca dan karton)

Untuk menghasilkan cetakan sebesar $35 \times 20 \times 0,3$ cm, dibutuhkan beberapa kaca dengan ukuran :

1. $300 \times 160 \times 3$ mm : 2 lembar
2. $400 \times 250 \times 3$ mm : 2 lembar
3. $20 \times 25 \times 3$ mm : 2 lembar

selain kaca diperlukan kertas karton dengan tebal 1,5 mm. Guna kertas karton tersebut untuk menjepit susunan serat lurus yang telah tertata agar kencang dan tidak pindah – pindah pada saat dicetak. Ukuran kertas karton yang dibutuhkan $350 \times 25 \times 1,5$ mm, sebanyak 4 lembar.

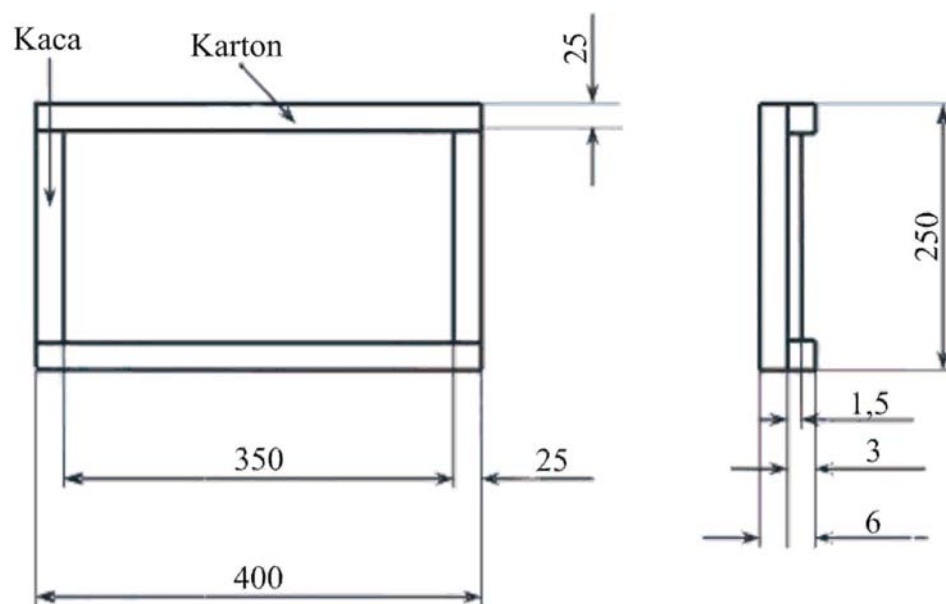
3.2.2. Pembuatan Cetakan

Untuk membuat bahan komposit ini, dibutuhkan dua buah cetakan yaitu untuk cetakan benda komposit dan cetakan untuk benda matrik pengikat. yang nantinya bentuk dan dimensi dari cetakan ini akan menjadi bentuk dan dimensi dari produk yang dibuat dalam cetakan tersebut. Langkah untuk membuat cetakan hanya perlu beberapa tahap saja, sebab hanya perlu menyiapkan kaca dan karton dengan ukuran seperti yang tertera diatas.

Pembuatan cetakan benda uji komposit :

Tabel 3.1. Ukuran cetakan komposit

Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (cm³)
350	200	3	210

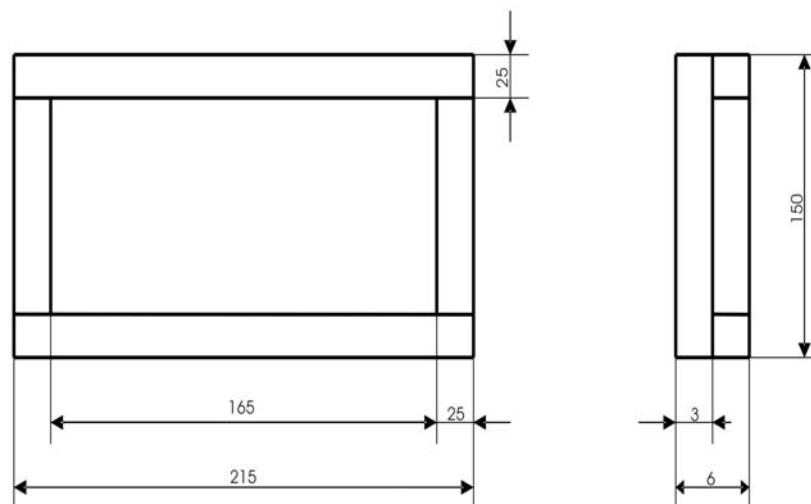


Gambar 3.2. Dimensi dari cetakan benda uji komposit.

Pembuatan cetakan benda uji matrik :

Tabel 3.2. Ukuran cetakan matrik

Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Volume (cm ³)
215	150	3	165



Gambar 3.3. Dimensi dari cetakan benda uji matrik

3.3. Menghitung Komposisi Serat, Matrik, Katalis

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung komposisi serat, resin dan katalis berdasarkan luas cetakan yang dibuat, dan menentukan berat serat pada 10 %, 15 %, 20 %, 25%, 30 % dari total luas cetakan.

a. untuk volume serat 10 % :

$$\begin{aligned} \text{Volume hasil cetakan (} V_{cet} \text{)} &= p \times l \times t \\ &= 35 \times 20 \times 0,3 \text{ cm} = 210 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume serat (} V_{serat} \text{)} = \frac{10}{100} \times 210 \text{ cm}^3 = 21 \text{ cm}^3$$

$$M = V_{serat} \times \rho$$

$$\begin{aligned} \rho &= 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}, M = 21 \text{ cm}^3 \times 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ &= 53,34 \text{ gr} \end{aligned}$$

Volume resin = 188,5 ml ; volume katalis = 0,5 ml

b. untuk $V_{serat} = 15\%$:

$$V_{cet} = 210 \text{ cm}^3 ; \rho = 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$V_{serat} = \frac{15}{100} \times 210 \text{ cm}^3$$

$$M_{serat} = 31,5 \text{ cm}^3 \times 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 80,01 \text{ gr}$$

Volume resin = 178 ml ; volume katalis = 0,5 ml

c. untuk $V_{\text{serat}} = 20\%$:

$$V_{\text{cet}} = 210 \text{ cm}^3 ; \rho = 2,54 \text{ gr/cm}^3$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{20}{100} \times 210 \text{ cm}^3$$

$$M_{\text{serat}} = 42 \text{ cm}^3 \times 2,54 \text{ gr/cm}^3 = 106,68 \text{ gr}$$

Volume resin = 167,5 ml ; volume katalis = 0,5 ml

d. untuk $V_{\text{serat}} = 25\%$:

$$V_{\text{cet}} = 210 \text{ cm}^3 ; \rho = 2,54 \text{ gr/cm}^3$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{25}{100} \times 210 \text{ cm}^3$$

$$M_{\text{serat}} = 52,5 \text{ cm}^3 \times 2,54 \text{ gr/cm}^3 = 133,35 \text{ gr}$$

Volume resin = 157 ml ; volume katalis = 0,5 ml

e. untuk $V_{\text{serat}} = 30\%$:

$$V_{\text{cet}} = 210 \text{ cm}^3 ; \rho = 2,54 \text{ gr/cm}^3$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{30}{100} \times 210 \text{ cm}^3$$

$$M_{\text{serat}} = 63 \text{ cm}^3 \times 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 160,2 \text{ gr}$$

Volume resin = 146,5 ml ; volume katalis = 0,5 ml

3.4. Pembuatan Benda Uji

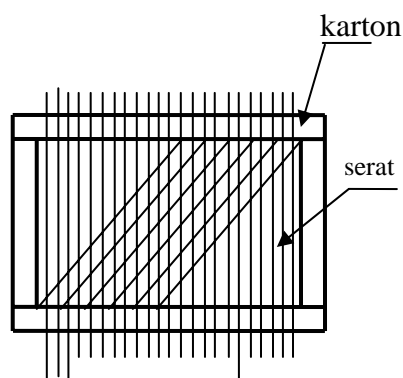
Dalam penelitian ini ada tiga kali pembuatan benda uji yaitu pembuatan benda uji komposit, benda uji matrik dan benda uji serat. Pada pencetakan benda uji komposit dilakukan lima kali pencetakan, karena adanya variasi volume serat (10%, 15%, 20%, 25%, 30%).

3.4.1. Pembuatan benda uji komposit

Urutan pembuatan benda uji komposit adalah sebagai berikut :

- a. Cetakan yang sudah dipersiapkan dilapisi dengan MAA, agar setelah komposit mengeras tidak lengket dengan cetakannya.
- b. Tuangkan kedalam cetakan sedikit (kira – kira seperempatnya saja) dari total resin dan katalis yang diperlukan untuk satu kali cetak, hanya sebatas karton bawah.
- c. Setelah agak menjadi gel, kemudian tatalah dengan rapi serat yang telah dipotong – potong terlebih dahulu sesuai panjang cetakan.

- d. Agar serat tidak bergeser dan tidak berubah – ubah serta kencang, dijepit dengan karton pada masing – masing ujung serat. Usahakan agar karton penjepit rata dengan kaca pembatas cetakan, agar waktu di *press* dengan kaca resin tidak bocor keluar.
- e. Campur sisa resin dan katalis, aduk dengan rata dan usahakan pengadukan tidak menimbulkan gelembung udara pada adonan. Kemudian tuangkan diatas cetakan, ratakan dengan potongan penggaris agar semua serat dapat terbasahi dan gelembung udara yang ada dapat dihilangkan.
- f. Setelah semua bahan masuk dalam cetakan, kemudian menyiapkan kaca satu lagi dengan ukuran sama seperti cetakan. Olesi kaca tersebut dengan MAA, gunakan untuk menutup cetakan dan di *press*



Gambar 3.4. Rangkaian kesejajaran serat dalam cetakan komposit.

- g. Setelah kira – kira 10 jam hasil cetakan benda uji dapat dilepas dari cetakannya, dengan menggunakan *scraber* atau pisau
- h. Benda uji kemudian di potong dengan sudut orientasi 45° menurut ukuran standar pengujian, pemotongan menggunakan gergaji triplek. Kemudian diampelas pada bagian yang bersinggungan dengan gergaji sampai halus

3.4.2. Pembuatan benda uji matrik

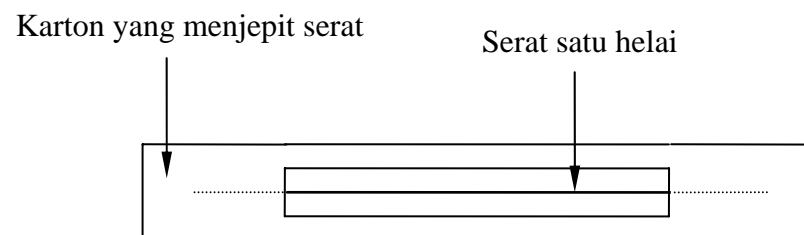
Pada pembuatan benda uji matrik lebih mudah daripada pembuatan benda uji komposit. Karena pada prinsipnya hanya menuang adonan resin dan katalis kedalam cetakan. Urutan pembuatan benda uji matrik adalah sebagai berikut :

- a. Seluruh permukaan cetakan yang bersinggungan langsung dengan resin diolesi MAA dahulu.
- b. Tuang resin dan katalis kedalam wadah, aduk hingga rata. Usahakan pengadukan tidak menimbulkan gelembung udara dalam resin.
- c. Setelah tercampur rata, tuang campuran resin dengan katalis kedalam cetakan. campuran harus rata dengan tebal pembatas cetakan. Untuk menghilangkan gelembung udara dalam resin bisa menggunakan pipet kecil. Pengerjaan ini harus cepat, karena dalam waktu kurang lebih 15 menit adonan akan menjadi gel.

- d. Siapkan kaca untuk penutup, olesi dengan MAA, kemudian tutupkan pada cetakan dengan ditekan / *press*.
- e. Setelah benda uji jadi, kemudian dilakukan pemotongan menurut standar pengujian. Pemotongan menggunakan gergaji triplek, bagian yang terdapat bekas gergajian dihaluskan memakai amplas.

3.4.3. Pembuatan benda uji serat

Pembuatan benda uji serat sangat mudah yaitu hanya dengan menggunakan kertas karton untuk menjepit serat. Untuk hasil yang akurat dan spesifik, maka dalam pembuatan benda uji serat, serat yang diambil untuk uji tarik hanya satu helai terkecil saja. Karena pada waktu pengujian diambil diameter serat.



Gambar 3.5. benda uji serat.

3.5. Cara Pemotongan Benda Uji Komposit

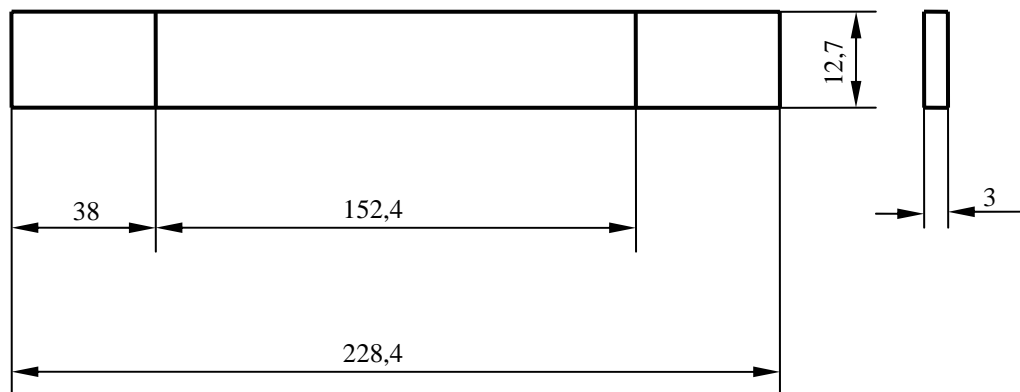
Hasil cetakan masih berupa lembaran, maka lembaran komposit tersebut harus dilakukan pemotongan sesuai standart uji yang digunakan. Langkah-langkah pemotongan lembaran komposit :

- f. Menentukan ukuran panjang dan lebar pada lembaran komposit dengan cara menggambarkan bentuk benda uji sesuai dengan standar benda uji agar memudahkan dan presisi dalam pemotongan.
- g. Memotong lembaran komposit dengan sudut orientasi 45^0 sesuai ukuran dengan bantuan gergaji,
- h. Agar sesuai dengan standart uji ASTM D3039 untuk benda uji komposit dan D638 untuk benda uji matrik, dibuat menggunakan alat berupa mesin milling.
- i. Proses terakhir adalah finishing, yaitu menghaluskan sisi-sisi bekas pemotongan menggunakan ampelas.

3.6. Standar dan Ukuran Benda Uji

3.6.1. Benda uji komposit

Standar pengujian tarik benda uji menggunakan American Society for Testing Material (ASTM). Pengujian tarik benda uji komposit menggunakan standar ASTM D 3039. Dengan ukuran sebagai berikut :

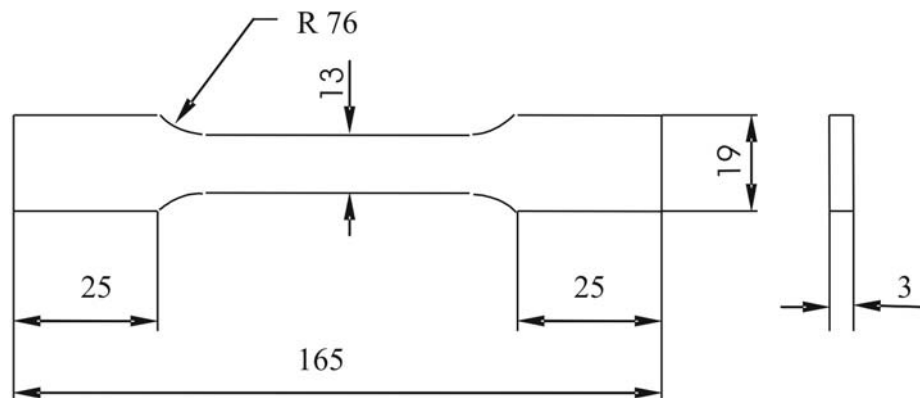


Gambar 3.6. Dimensi benda uji tarik komposit.

3.6.2. Benda uji matrik

Untuk pengujian tarik benda uji matrik menggunakan standar ASTM D 638.

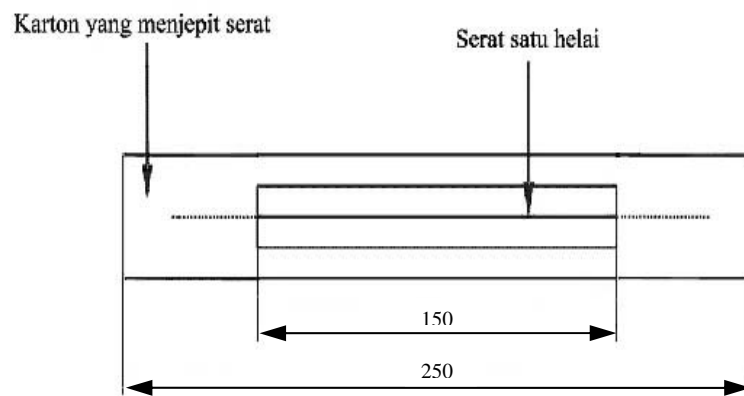
Dengan ukuran sebagai berikut :



Gambar 3.7. Dimensi benda uji tarik matriks pengikat.

3.6.3. Benda uji serat

Untuk mengetahui diameter dan kekuatan serat dilakukan pengujian tarik menggunakan standar uji JIS R 3420. Untuk hasil yang lebih akurat dan spesifik pengujian dilakukan di laboratorium teknik Universitas Gajah Mada. Ukuran benda uji sebagai berikut :



Gambar 3.8. dimensi benda uji tarik serat.

3.7. Pengujian Tarik

3.7.1. Pengujian tarik komposit

Untuk mengetahui sifat komposit dengan variasi perbedaan volume serat pada tiap – tiap benda uji (10%, 15%, 20%, 25%, 30%) dapat dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik universal.

Pada pengujian tarik komposit digunakan 5 buah benda uji untuk masing-masing variasi volume serat dengan dimensi benda uji sesuai dengan standar ASTM D 3039. Setelah data kelima benda uji didapat, kemudian dicari harga rata-rata.

Pada pengujian ini diukur pertambahan panjang dan beban yang terjadi selama pengujian berlangsung. Hasil pengujian tarik berupa print-out grafik hubungan regangan dengan tegangan.

3.7.2. Pengujian tarik matriks pengikat

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik matriks pengikat secara terpisah dilakukan pengujian tarik dengan menggunakan mesin uji tarik universal. Dalam pengujian tarik matriks pengikat digunakan 5 buah benda uji dengan dimensi benda uji sesuai dengan standar ASTM D 638.

Setelah pengujian ini, dapat diketahui pertambahan panjang dan beban yang terjadi selama pengujian berlangsung. Hasil pengujian tarik, berupa print-out grafik hubungan tegangan dan regangan.

3.7.3. Pengujian tarik serat

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik serat penguat, dilakukan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik universal. Untuk mengetahui kekuatan serat digunakan 5 buah benda uji dengan standar *JIS R 3420 for glass*, kelima data tersebut kemudian dirata-rata dan digunakan sebagai data dalam penelitian yang diambil dari pengujian.

Dalam pengujian tarik serat diperoleh print-out berupa data perincian hasil pengujian tarik serat yaitu berupa spesifikasi serat, parameter yang dipakai dalam pengujian dan data statistik dari hasil pengujian tarik serat.

BAB IV

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui sifat mekanik komposit, selain itu guna mengetahui sifat mekanis dari serat sebagai bahan penguat komposit serta untuk mengetahui sifat mekanis matriks. Maka dilakukan pengujian secara terpisah berupa pengujian kekuatan tarik serat, pengujian tarik matrik dan pengujian tarik komposit. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel hasil analisis dan perhitungan.

4.1. Hasil Pengujian Tarik Serat

Pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik serat di Universitas Gajah Mada, menghasilkan data - data berupa beban tegangan yang terjadi selama pengujian berlangsung pada kondisi suhu tertentu hingga mencapai beban maksimum (F_{maks}) dan diameter serat dari satu helai serat terkecil. Dari hasil analisis dan perhitungan pengujian tarik serat diperoleh beberapa sifat mekanik serat gelas-E.

Hasil uji tarik serat (contoh dari benda uji nomor 1) memberikan :

kekuatan tarik

$$\sigma_{\max} = \frac{P_{\max}}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$= \frac{0,07}{0,0038} = 18,42 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4.1. Sifat mekanik serat gelas.

Serat	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	L ₀ (mm)	Beban (kg)	KekuatanTarik (kg/mm ²)
1	0,07	0,0038	150	0,07	18,42
2	0,11	0,0094	150	0,17	18,10
3	0,07	0,0038	150	0,07	18,42
4	0,09	0,0063	150	0,14	22,22
5	0,08	0,0050	150	0,16	32,00

4.2. Hasil Pengujian Tarik Matriks

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik universal, menghasilkan grafik print-out berupa grafik hubungan beban dengan pertambahan panjang pada masing-masing penambahan volume serat, contoh dapat dilihat pada lampiran. Dengan pembacaan grafik tegangan regangan

tersebut diperoleh besar tegangan maksimum dengan regangan pada saat tegangan maksimum.

Metode analisis terhadap pengujian tarik serat dan komposit dapat pula dilakukan seperti metode analisis terhadap pengujian tarik matrik, sehingga dari analisis grafik pengujian dan perhitungan diperoleh beberapa sifat mekanis.

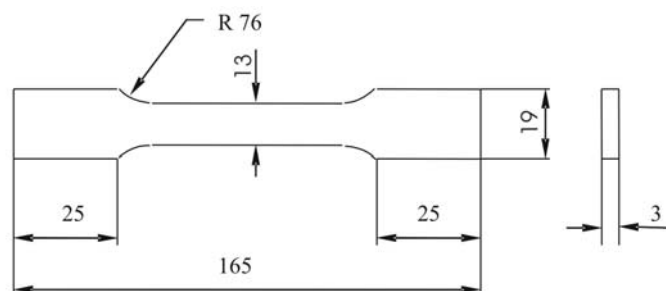
Hasil uji tarik matrik (contoh dari benda uji nomor 1) memberikan :

1. kekuatan tarik

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{P_{\max}}{A} \\ &= \frac{131,1}{35,64} = 3,68 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

2. Regangan

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \\ &= \frac{1,0}{50} \times 100\% = 2 \%\end{aligned}$$



Gambar 4.1. Skema benda uji matrik

Tabel 4.2. Ukuran lebar dan tebal matriks pengikat.

Matriks	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	l_{rata} (mm)	t_{rata} (mm)
1	13	12,8	12,8	2,8	3	2,8	12,93	2,86
2	12,9	13	13	2,9	2,9	2,8	13	2,86
3	12,8	13	12,8	2,8	2,8	3	12,93	2,86
4	12,8	12,9	13	2,9	3	2,8	12,83	2,90
5	12,9	13	12,8	2,9	2,9	3	12,93	2,93

Dari Tabel 4.2, maka dapat dicari kekuatan tarik dari masing masing matriks pengikat komposit, dimana nilai beban matriks diperoleh dari hasil uji tarik. Hasil perhitungan kekuatan tarik masing-masing matriks pada Tabel 4.3 .

Tabel 4.3. Sifat mekanik matriks pengikat.

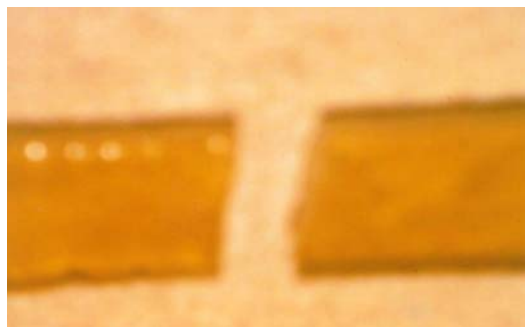
Matriks	Luas Penampang (mm ²)	L_0 (mm)	Beban (kg)	Kekuatan Tarik (kg/mm ²)	L (mm)	δ (mm)	ϵ maks (%)
1	35,64	50	131,1	3,68	51	1,0	2
2	35,61	50	132,2	3,71	51,1	1,1	2,2
3	35,7	50	121,8	3,41	50,9	0,9	1,8
4	35,7	50	129,4	3,63	50,8	0,8	1,6
5	35,5	50	102,3	2,86	50,6	0,6	1,2

Dari pengujian tarik terhadap matriks pengikat, menunjukkan sifat perpanjangan yang rendah atau kecil. Dari hasil pengujian dapat di ketahui bahwa kekuatan tarik serat lebih tinggi dari pada matrik. Model kerusakan yang terjadi cenderung berupa patah getas, hal ini dapat dilihat (lampiran) dari hasil grafik

pengujian yang keluar dari mesin uji tarik, dari grafik dapat dilihat tegangan sangat tinggi tetapi penambahan panjang sangat kecil, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3 sehingga matriks pengikat yang digunakan bersifat getas.



Gambar 4.2. Benda uji matrik.



Gambar 4.3. Foto bentuk perpatahan matriks pengikat.



Gambar 4.4. Foto retak mikro pada matrik

4.3. Hasil Pengujian Tarik Komposit

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik menghasilkan grafik print-out berupa grafik hubungan tegangan regangan yang disajikan pada lampiran. Dengan pembacaan grafik tegangan regangan pada saat tegangan maksimum. Melalui analisis grafik pengujian tarik, diperoleh beberapa sifat mekanik komposit.

Dari pengujian tarik terhadap komposit, telah diperoleh beberapa sifat mekanik pada setiap variasi penambahan volume yang ditentukan. Berdasarkan Tabel 4.5 dapat diambil kesimpulan bahwa dalam penelitian ini serat tidak terlalu berpengaruh terhadap kekuatan komposit. Hal tersebut dapat dilihat dari grafik yang tidak stabil. Serat tidak bisa memberikan kekuatan maksimum walaupun volume serat bertambah. Hal tersebut di karenakan serat tidak mampu menahan gaya tarik yang di berikan.

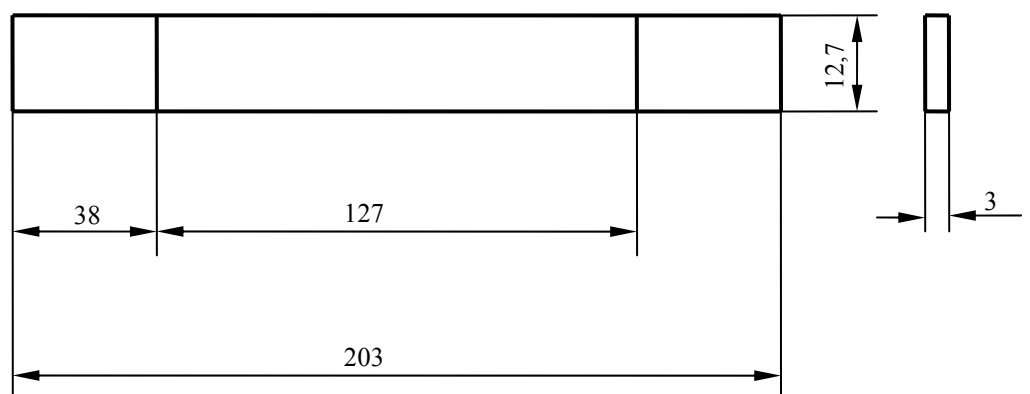
Hasil uji tarik komposit (contoh dari benda uji nomor 1) memberikan :

1. kekuatan tarik

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{P_{\max}}{A} \\ &= \frac{100,5}{40,33} = 2,49 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

3. Regangan

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \\ &= \frac{1,3}{127} \times 100\% = 1,02 \%\end{aligned}$$



Gambar 4.5. Skema benda uji komposit

Tabel 4.4. Ukuran lebar dan tebal komposit.

Volume serat	l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	l ₃ (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	t ₃ (mm)	l _{rata} (mm)	t _{rata} (mm)
10 %	12,8	12,8	12,9	3	3,1	3	12,83	3,03
	12,8	12,9	12,9	3,2	3	3,1	12,86	3,1
	12,9	12,8	12,9	3,1	3	3	12,86	3,03
	12,8	12,8	12,9	3	3,1	3	12,83	3,03
	12,9	12,9	12,9	3	3	3,2	12,9	3,06
15 %	12,8	12,8	12,8	3,1	3,1	3	12,8	3,03
	12,9	12,8	12,9	3	3	3,2	12,86	3,06
	12,9	12,9	12,8	3	3,1	3	12,86	3,03
	12,9	12,8	12,8	3,1	3	3,1	12,83	3,06
	12,8	12,8	12,8	3	3,1	3	12,8	3,03
20 %	12,9	12,8	12,9	3,1	3	3,2	12,86	3,1
	12,9	12,8	12,8	3	3	3	12,83	3
	12,9	12,8	12,8	3	3,1	3	12,83	3,03
	12,9	12,8	12,9	3	3	3,1	12,86	3,03
	12,9	12,9	12,8	3,1	3	3	12,86	3,03
25 %	12,8	12,9	12,8	3,1	3	3,2	12,83	3,1
	12,9	12,8	12,9	3	3,2	3	12,86	3,06
	12,9	12,8	12,8	3	3	3,1	12,83	3,03
	12,8	12,9	12,9	3	3	3,2	12,86	3,06
	12,9	12,8	12,9	3,1	3	3	12,86	3,03
30 %	12,9	12,9	12,8	3	3,1	3,1	12,86	3,03
	12,8	12,8	12,9	3	3,1	3	12,83	3,03
	12,8	12,9	12,9	3	3	3	12,86	3
	12,8	12,8	12,8	3	3,2	3	12,8	3,06
	12,8	12,8	12,8	3,1	3	3	12,8	3,03

Tabel 4.5. Kekuatan komposit terhadap variasi volume serat.

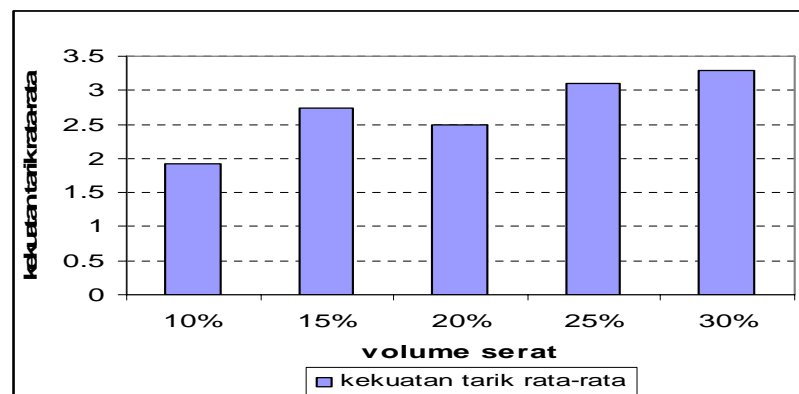
Volume Serat	Luas Penampang (mm ²)	L ₀ (mm)	Beban (kg)	Kekuatan Tarik (kg/mm ²)	L (mm)	ΔL (mm)	ε maks (%)
10 %	40,33	127	100,5	2,49	128,3	1,3	1,02
	41,28	127	63,6	1,54	127,8	0,8	0,63
	42,24	127	104,7	2,47	128,5	1,5	1,18
	43,23	127	89,2	2,06	128,1	1,1	0,86
	43,56	127	44,8	1,02	127,8	0,8	0,63
15 %	41,92	127	108,4	2,58	128,3	1,3	1,02
	40,92	127	109,7	2,67	128,3	1,3	1,02
	40,92	127	121,2	2,96	128,5	1,5	1,18
	39,99	127	102	2,55	128,3	1,3	1,02
	39,68	127	114,4	2,89	128,2	1,2	0,94
20 %	42,24	127	121,1	2,87	128,5	1,5	1,18
	41,23	127	119,6	2,9	128,6	1,6	1,28
	42,88	127	126,5	2,95	128,5	1,5	1,18
	42,56	127	58,7	1,38	127,8	0,8	0,63
	41,23	127	86,4	2,09	127,9	0,9	0,71
25 %	42,56	127	119,4	2,58	128,5	1,5	1,18
	42,56	127	135	3,17	128,7	1,7	1,34
	39,56	127	126,4	3,19	128,5	1,5	1,18
	40,61	127	116,1	2,86	128,3	1,3	1,02
	39,99	127	151,1	3,78	129	2,0	1,57
30 %	38,16	127	136,8	3,59	128,7	1,7	1,34
	39,37	127	136,2	3,46	128,7	1,7	1,34
	39,99	127	126,3	3,16	128,5	1,5	1,18
	39,68	127	140,8	3,59	128,8	1,8	1,42
	40,64	127	107,2	2,64	128,2	1,2	0,94

Pada saat tegangan tarik yang terjadi ditransfer pada serat penguat melalui *interface* antar serat dan matriks pengikat, serat penguat dan matriks pengikat mengalami besar tegangan yang sama, jika kedua komponen tersebut mempunyai sifat mekanik yang berbeda maka masing-masing komponen tersebut mempunyai harga regangan yang berbeda dan regangan total komposit merupakan rata-rata harga regangan kedua komponen penyusunnya.

Tabel 4.5 dapat pula disajikan dalam bentuk grafik, yaitu grafik kekuatan tarik dengan variasi volume serat (Gambar 4.6) dan grafik penambahan panjang dengan variasi volume serat (Gambar 4.7). Grafik dicari dengan cara mengambil nilai rata-rata kekuatan tarik dan nilai rata-rata penambahan panjang.

Tabel 4.6. Harga rata-rata kekuatan tarik komposit.

Volume serat	Kekuatan tarik rata-rata (kg/mm ²)
10 %	1,92
15 %	2,73
20 %	2,49
25 %	3,1
30 %	3,29

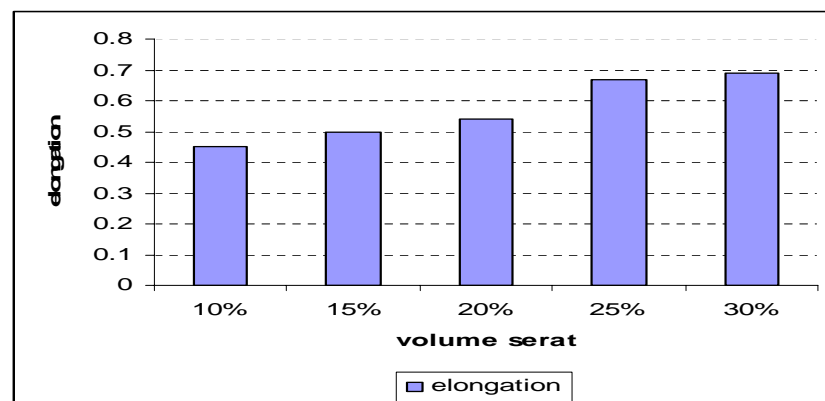


Gambar 4.6. Grafik hubungan kekuatan tarik dengan volume serat.

Dari gambar grafik diatas kekuatan tarik dengan variasi prosentase serat dengan sudut orientasi 45°, semakin banyak volume serat (10% - 30%), tidak mempengaruhi kekuatan tarik komposit. Hal tersebut dikarenakan serat tidak mampu menahan beban tarik yang diberikan, beban tarik lebih banyak ditanggung oleh matriknya. Dari grafik dapat di lihat kenaikan cenderung rendah.

Tabel 4.7. Harga rata-rata elongation (ϵ) komposit.

Volume serat	ϵ maks (%)
10 %	0,45
15 %	0,5
20 %	0,54
25 %	0,67
30 %	0,69

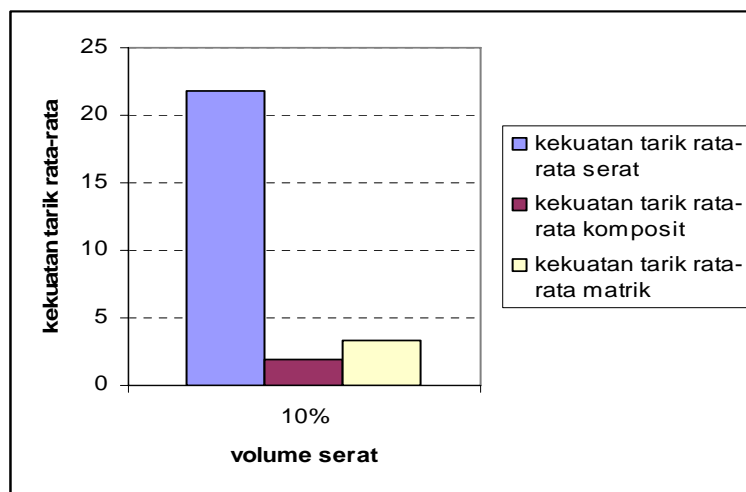


Gambar 4.7. Grafik hubungan *elongation* dan volume serat.

Dari grafik diatas dapat di lihat bahwa pertambahan panjang cenderung bertambah jika volume serat bertambah, walaupun pertambahannya rendah.

Tabel 4.8. Perbandingan kekuatan tarik rata-rata komposit(volume serat 10%),matrik dan serat

Volume serat	Kekuatan tarik rata-rata komposit (kg/mm ²)	Kekuatan Tarik rata-rata matrik (kg/mm ²)	KekuatanTarik rata-rata Serat (kg/mm ²)
10%	1,92	3,458	21,83



Gambar 4.8. Grafik hubungan kekuatan tarik rata-rata antara komposit serat dan matrik

Dari grafik hubungan antara kekuatan tarik komposit, kekuatan tarik serat dan kekuatan tarik matrik, dapat dilihat kekuatan tarik serat paling tinggi sedangkan kekuatan tarik komposit lebih rendah di banding kekuatan tarik matrik, hal ini disebabkan sudut orientasi 45° pada serat tidak dapat menahan beban tarik secara maksimal

4.4. Model Kerusakan Komposit.

Model kerusakan yang terjadi pada semua variasi prosentase serat mulai dari 10 % samapi dengan 30 % adalah sama, dan tergolong kerusakan jenis patah getas. Kerusakan yang terjadi pada komposit sebagian besar searah dengan arah orientasi serat. Dari grafik pengujian menunjukkan komposit mengalami patah getas. Hal ini di tunjukkan setelah pengujian pertama-tama matrik mengalami retak dan menyebabkan kemampuan menahan beban berkurang. Namun komposit masih mampu menahan beban meskipun kecil, hal ini di teruskan ke serat sebagai penahan beban tarik. Serat akan tercabut dari matriknya dan mengakibatkan kemampuan menahan beban semakin kecil, sehingga kerusakan yang terjadi pada komposit searah dengan orientasi seratnya.



Gambar 4.9. Penampang melintang serat gelas-E dan resin.

4.5. Analisa Kerusakan Pada Komposit

Tujuan dari penelitian kerusakan menurut analisa foto struktur mikro adalah untuk mengetahui seberapa jauh kerusakan pada komposit sebelum atau sesudah mendapatkan perlakuan uji tarik.

Pada penampang komposit mula yang dapat dilihat dengan bantuan mikroskop setelah komposit dihaluskan dan dipoles dapat menampilkan bentuk penampang serat serta matrik. Dari foto mikro dengan pembesaran, yang dapat dilihat pada Gambar 4.10, menampilkan bentuk penampang komposit sebelum mengalami uji tarik.



Gambar 4.10. Penampang Komposit Mula.

Setelah mengalami uji tarik, penampang struktur mikro bahan komposit telah mengalami perubahan yaitu kerusakan yang terjadi pada matriks dan penampang serat, penampang matrik dan serat terlihat pecah-pecah dan tidak utuh lagi. Beban tarik pada komposit selain mengakibatkan kerusakan matriks dan serat

juga berakibat terhadap lepasnya ikatan matriks-serat (*interface*) yang biasa disebut *debonding* yang terlihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Kerusakan *debonding* pada Komposit.

Pada analisa struktur mikro, juga menampilkan beberapa konfigurasi kerusakan internal komposit antara lain kerusakan retak mikro pada matriks, seperti yang terlihat pada (Gambar 4.12). kemudian retak mikro pada komposit (Gambar 4.13).



Gambar 4.12. retak mikro matrik



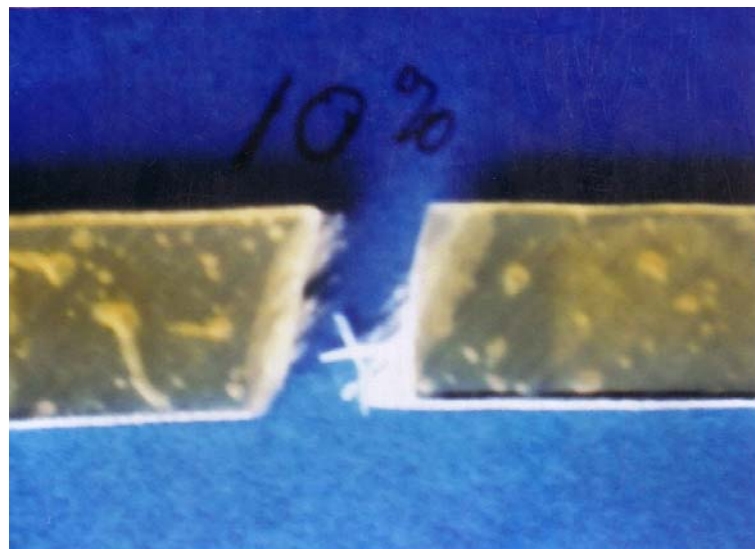
Gambar 4.13. Retak melintang pada komposit

Faktor lain yang menyebabkan pada kerusakan komposit adalah adanya void di dalam komposit sebelum diuji. Terbentuknya void tersebut disebabkan pada saat pembuatan benda uji masih ada udara yang terjebak.

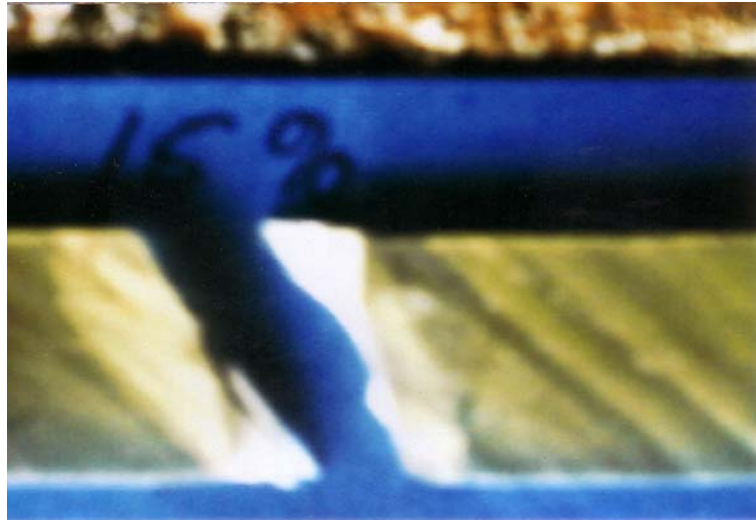


Gambar 4.14. Void

Dari hasil analisa pemotretan dan pengamatan pada makro struktur terdapat bentuk – bentuk patahan yang hampir sama. Persamaan bentuk patahan ini dikarenakan pengujian pada bahan yang mempunyai sudut orientasi yang sama dengan bentuk patahan searah dengan arah serat.. Menurut bentuk patahan yang terjadi pada pengujian tarik komposit merupakan bentuk patah getas.



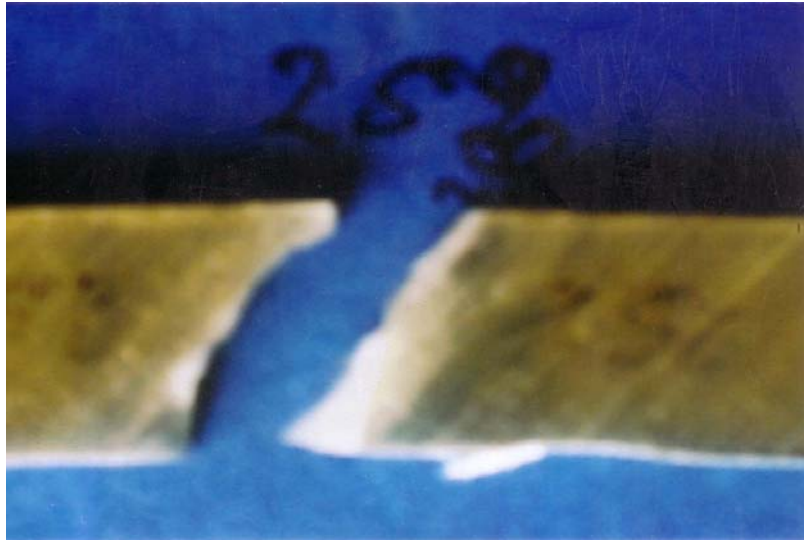
Gambar 4.15. Bentuk Patahan Komposit Pada Volume Serat 10 %



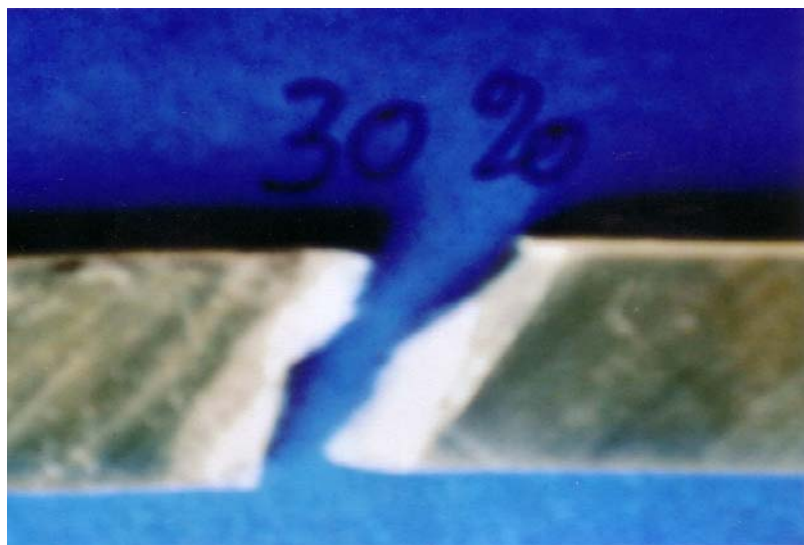
Gambar 4.16. Bentuk patahan komposit Pada Volume Serat 15 %



Gambar 4.17. Bentuk Patahan Komposit Pada Volume Serat 20 %



Gambar 4.18. Bentuk Patahan Komposit Pada Volume Serat 25 %



Gambar 4.19. Bentuk Patahan Komposit Pada Volume Serat 30 %

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari semua hasil pengujian, perhitungan dan analisa pada komposit dengan orientasi sudut 45° dapat diambil kesimpulan :

1. Kekuatan tarik rata-rata serat E-glass sebesar $21,83 \text{ kg/mm}^2$, kekuatan tarik rata-rata matrik arindo 3210 sebesar $3,376 \text{ kg/mm}^2$, kekuatan rata-rata tarik komposit dengan volume serat $10\% = 1,92 \text{ kg/mm}^2$, $15\% = 2,73 \text{ kg/mm}^2$, $20\% = 2,49 \text{ kg/mm}^2$, $25\% = 3,1 \text{ kg/mm}^2$, $30\% = 3,29 \text{ kg/mm}^2$. Dari hasil pengujian diatas menunjukkan komposit dengan sudut orientasi 45° disertai variasi volume serat tidak memperbaiki kekuatan matriknya. Hal tersebut dikarenakan beban di tanggung oleh matriknya sehingga yang terjadi debonding.
2. Semakin besar volume serat pada komposit menyebabkan makin besar pula regangan maksimumnya.
3. Dari hasil pengujian menunjukkan patahan yang terjadi pada benda uji adalah patah getas.

5.2 Saran

Untuk memperoleh hasil pengujian yang baik maka perlu di perhatian cara pembuatan benda uji dan pemotongan benda uji harus teliti, juga perlu di haluskan agar memperoleh hasil yang bagus.

5.1 Penutup

Demikian Tugas Akhir ini saya buat. Penulis akan sangat terbuka menerima kritik dan saran yang membangun demi kemajuan penulis

DAFTAR PUSTAKA

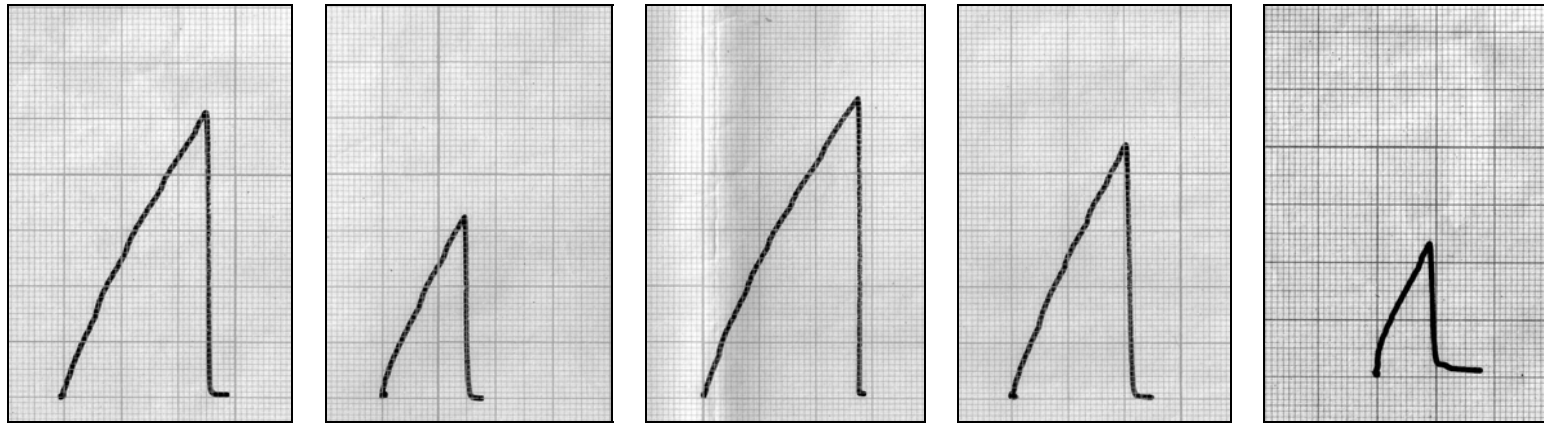
Hadi B. K., November 2000, *Mekanika Struktur Komposit*. Departemen Pendidikan Nasional

Philadelphia.PA, 1985, *Anual Book of ASTM Standart*, American Society For Testing Material.

Smith, W. F, Mc Graw Hill. Inc, 1996, *Principles of Material Science and Engineering*.

LAMPIRAN

Grafik print out hasil penelitian pada volume serat 10%



I

II

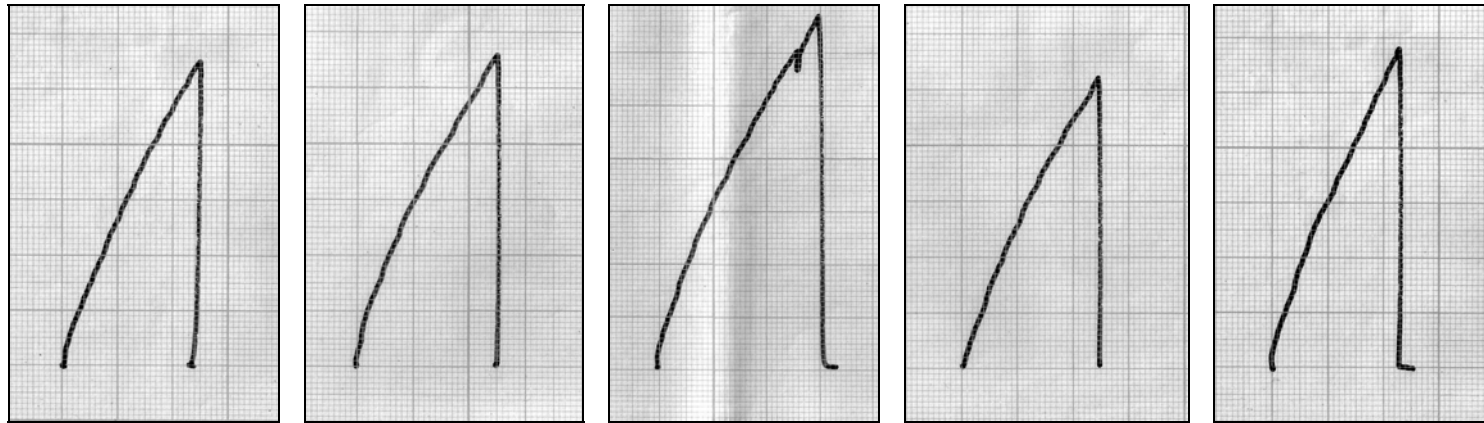
III

IV

V

	I	II	III	IV	V
Beban maksimum (kg)	100,5	63,3	104,7	89,2	44,8
Kekeuatan tarik (kg/mm ²)	2,49	1,54	2,47	2,06	1,02

Grafik print out hasil penelitian pada volume serat 15%



I

II

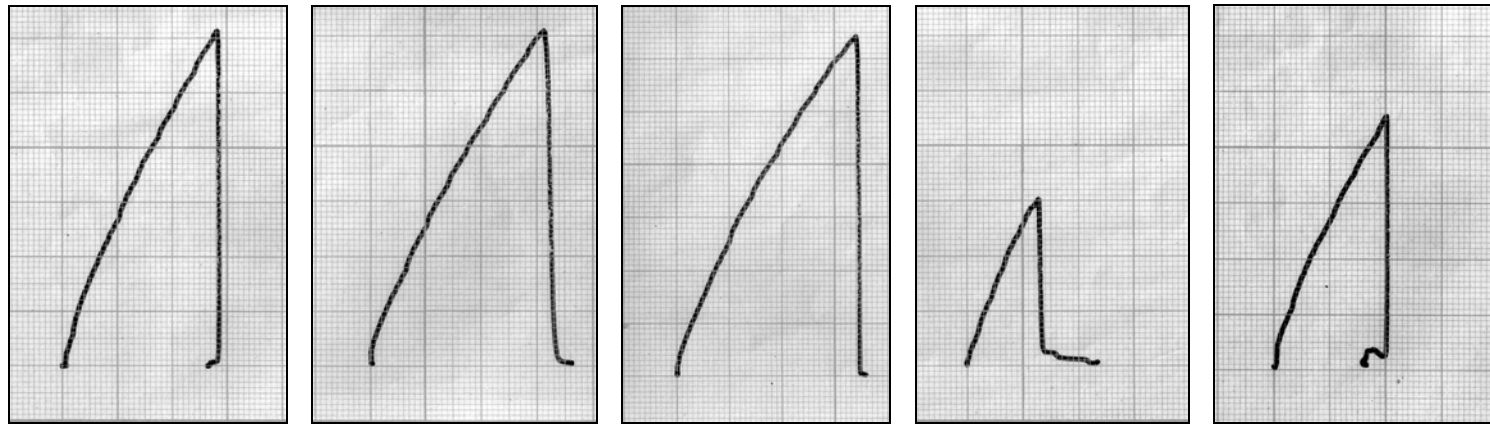
III

IV

V

	I	II	III	IV	V
Beban maksimum (kg)	108,4	109,7	121,2	102	114,4
Kekeuatan tarik (kg/mm ²)	2,58	2,67	2,96	2,55	2,89

Grafik print out hasil penelitian pada volume serat 20%



I

II

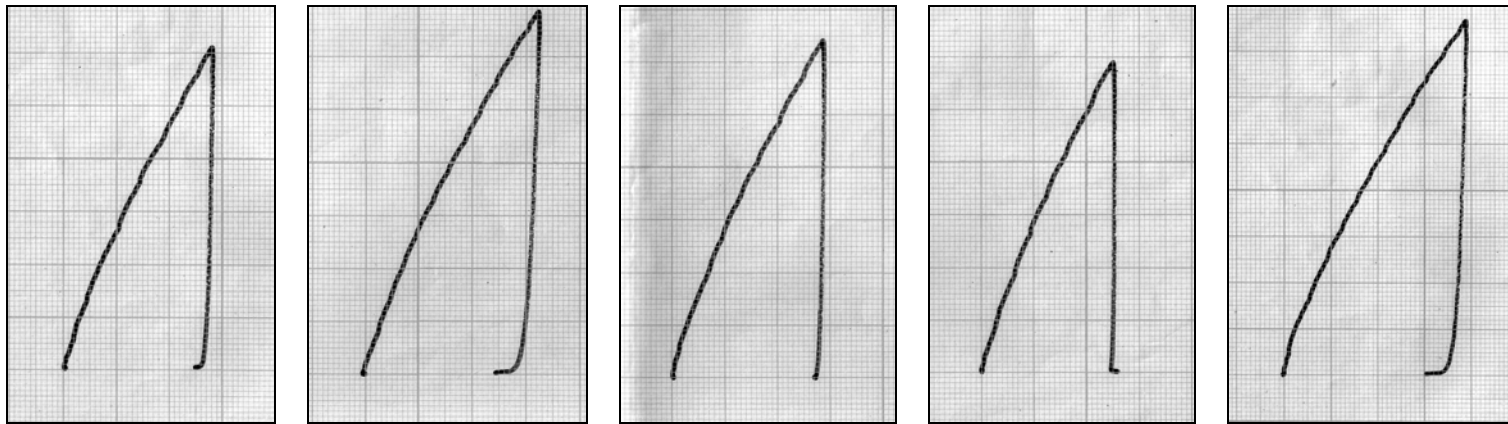
III

IV

V

	I	II	III	IV	V
Beban maksimum (kg)	121,1	119,6	126,5	116,1	151,1
Kekeuatan tarik (kg/mm ²)	2,87	2,9	2,95	1,38	2,09

Grafik print out hasil penelitian pada volume serat 25%



I

II

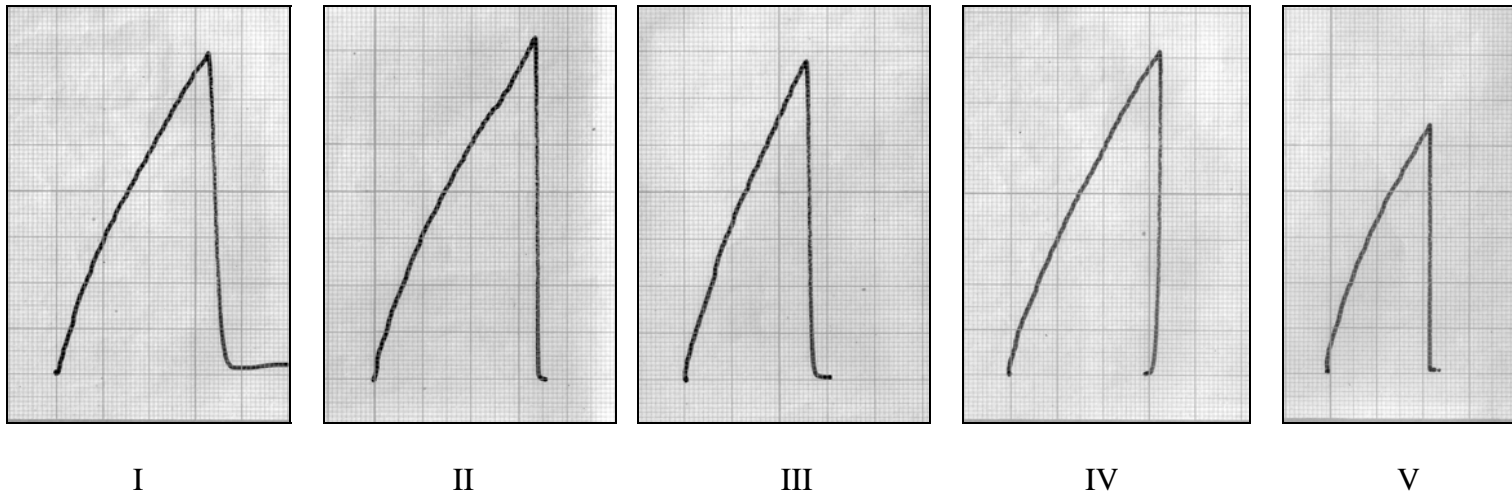
III

IV

V

	I	II	III	IV	V
Beban maksimum (kg)	119,4	135	126,4	116.1	151,1
Kekeuatan tarik (kg/mm ²)	2,58	3,17	3,19	2,86	3,78

Grafik print out hasil penelitian pada volume serat 30%

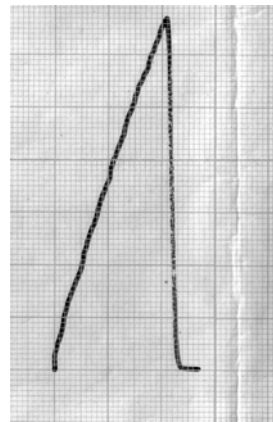


	I	II	III	IV	V
Beban maksimum (kg)	136,8	136,2	126,3	140,8	107,2
Kekeuatan tarik (kg/mm ²)	3,59	3,46	3,16	3,59	2,64

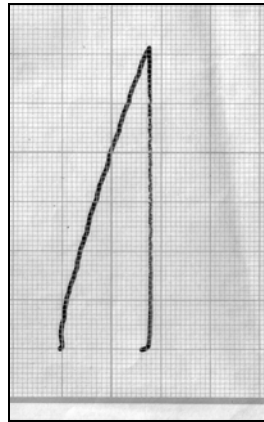
Grafik print out hasil penelitian pada matrik



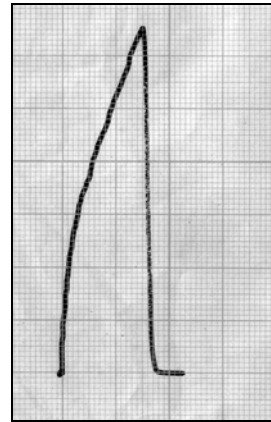
I



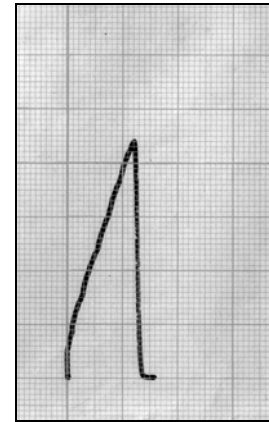
II



III



IV



V

	I	II	III	IV	V
Beban maksimum (kg)	131,1	132,2	121,8	129,4	102,3
Kekeuatan tarik (kg/mm ²)	3,68	3,71	3,41	3,63	2,86

Perbandingan kekuatan dan kekakuan pada bahan serat

Bahan	Modulus tarik (E, Gpa)	Kekuatan tarik (δ, Gpa)	Masa jenis (ρ, g/cm³)
E-Glass	72,4	3,5	2,54
S-glass	85,5	4,6	2,48
Grafit (HM)	390	2,1	1,9
Boron	385	2,8	2,63
Silica	72,4	5,8	2,19
Aramid	130	2,8	1,5

(Sumber : Hadi, B,K. Mekanika Struktur Komposit)



Foto mikroskop optik



Foto alat uji tarik

Keterangan :

Merk : GOTHECH TESTING MACHINES INC.

Model : GT-7010-A2

Kapasitas : 1000 Kg

Lokasi : Lab. Ilmu logam USD

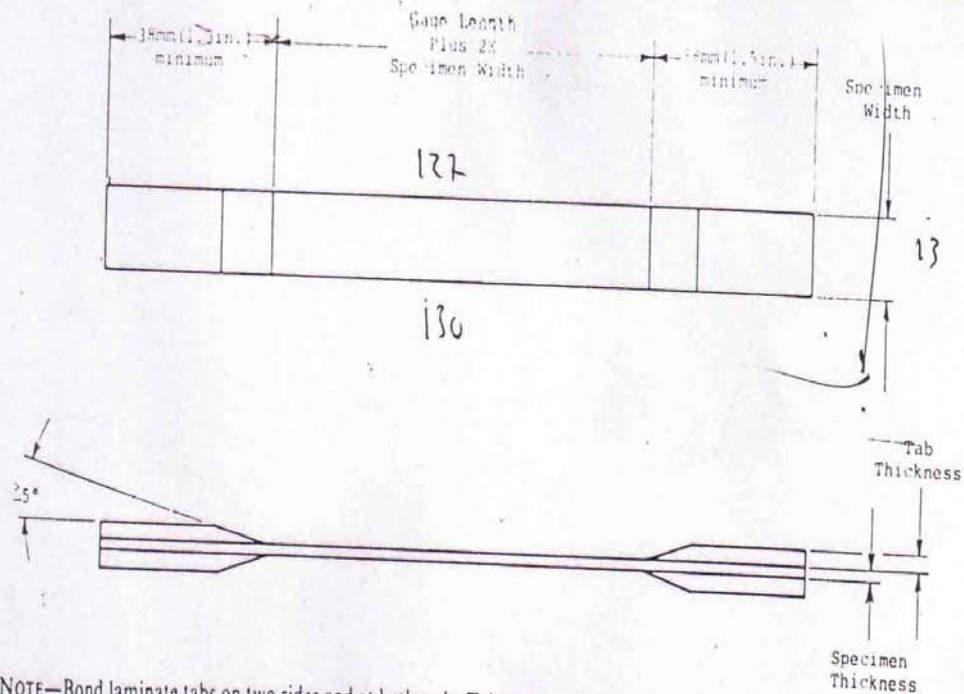
TABLE 1 Widths and Gage Lengths of Specimens

Fiber Orientation	Recommended Specimen Width		Recommended Minimum Gage Length	
	mm	in.	mm	in.
0 deg (angle)	12.7	0.5	127	5
90 deg (angle)	25.4	1.0	38.1	1.5
0/90 deg (angle) balanced crossply	25.4	1.0	127	5

= 1612
 = 967,7
 = 3225,8

TABLE 2 Recommended Thicknesses for Various Reinforcements

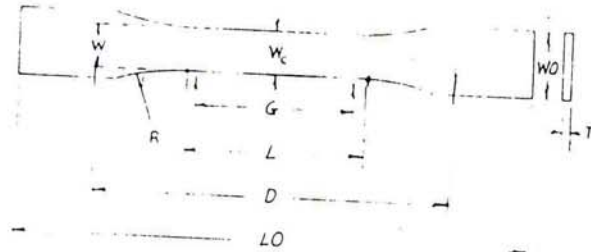
Type of Reinforcement	Continuous Fibers		Discontinuous Fibers	
	mm	in.	mm	in.
Boron	0.508 to 2.54	0.020 to 0.100	1.016 to 5.08	0.040 to 0.200
Graphite	0.508 to 2.54	0.020 to 0.100	1.016 to 5.08	0.040 to 0.200
Glass	0.762 to 2.275	0.030 to 0.125	1.524 to 6.55	0.060 to 0.250



NOTE—Bond laminate tabs on two sides and at both ends. Tabs are applied to the end of the test composite with a suitable adhesive. Each tab is a minimum of 38 mm (1.5 in.) long by the width of the laminate and a thickness of approximately 1.5 to 4 times the thickness of the test composite.

FIG. 1 Tensile Test Specimen

ASTM D 638



TYPES I, II, III



TYPE IV

Specimen Dimensions for Thickness, T , mm¹¹

Dimensions (see drawings)	7 or under		Over 7 to 14 incl.	4 or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ¹¹	Type V ¹	
W —Width of narrow section ^{A, 11}	13	6	19	6	3.18	$\pm 0.5^{11, 1}$
L —Length of narrow section	57	57	57	33 ¹	9.53	$\pm 0.5^1$
WO —Width over-all, min ^K	19	19	29	19	9.53	± 6
LO —Length over-all, min ^K	165	183	246	115	63.5	no max
G —Gage length ^C	50	50	50	...	7.62	$\pm 0.25^1$
D —Distance between grips	...	...	...	25	...	± 0.13
R —Radius of fillet	115	135	115	64 ¹¹	25.4	± 5
RO —Outer radius (Type IV)	76	76	76	14	12.7	$\pm 1^1$
	...	...	...	25	...	± 1

Specimen Dimensions for Thickness, T , in.¹¹

Dimensions (see drawings)	.28 or under		Over 0.28 to 0.55 incl.	0.16 or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ¹¹	Type V ¹	
W —Width of narrow section ^{A, 11}	0.50	0.25	0.75	0.25	0.125	$\pm 0.02^{11, 1}$
L —Length of narrow section	2.25	2.25	2.25	1.30	0.375	$\pm 0.02^1$
WO —Width over-all, min ^K	0.75	0.75	1.13	0.75	0.375	± 0.25
LO —Length over-all, min ^K	6.5	7.2	9.7	4.5	2.5	no max
G —Gage length ^C	2.00	2.00	2.00	...	0.300	$\pm 0.010^1$
D —Distance between grips	...	...	...	1.00	...	± 0.005
R —Radius of fillet	4.5	5.3	4.5	2.5 ¹¹	1.0	± 0.2
RO —Outer radius (Type IV)	3.00	3.00	3.00	0.56	0.5	$\pm 0.04^1$
	...	...	...	1.00	...	± 0.04

FIG. 1 Tension Test Specimens for Sheet, Plate, and Molded Plastics.

^A The width at the center W_c shall be plus 0.00 mm, minus 0.10 mm (+0.000 in., -0.004 in.) compared with width W at other parts of the reduced section. Any reduction in W at the center shall be gradual, equally on each side so that no abrupt changes in dimension result.

^B For molded specimens, a draft of not over 0.13 mm (0.005 in.) may be allowed for either Type I or II specimens 3.2 mm (0.13 in.) in thickness, and this should be taken into account when calculating width of the specimen. Thus a typical specimen of a molded Type I specimen, having the maximum allowable draft, could be as follows: